

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА,
ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА
РЕМОНТ МАШИН»



МАГІСТЕРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему

«Дослідження технології відновлення корпусу шестеренних
насосів типу НШ сільськогосподарської техніки у ТОВ
завод «Дзеркальний» м. Кропивницький»

Виконав:

магістрант групи ТС-23-М1 Дмитро КОСТЕНКО

Керівник:

Д.т.н., проф. → Юрій КУЛЄШКОВ

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

К.т.н., доц. → Сергій МАГОПЕЦЬ

«...» 2024 р.

Рецензент:

.....

«...» 2024 р.

Кропивницький — 2024 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра експлуатації та ремонту машин → → → → → → → →

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр → → → → → → → →

Спеціальність 208 «Агроінженерія» Освітньо-професійної програми «Технічний сервіс» → → → → → → → → → → → → → →

(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри, доц. Магопеч С.О.

_____ «__» _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУКостенку Дмитру Костянтиновичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження технології відновлення корпусу шестеренних насосів типу НШ сільськогосподарської техніки у ТОВ «Завод «Дзеркальний» м. Кропивницький»

керівник роботи Кулешков Юрій Володимирович д.т.н., професор → → →

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «27» вересня 2024 р. № 65-13

2. Строк подання студентом роботи «30» листопада 2024 року → → → →

3. Вихідні дані до роботи 1. Звіт з дослідницької практики на підприємстві. 2. Науково-технічна та навчально-методична література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Загальний розділ. Коротка характеристика базового підприємства. Характеристика шестеренного насоса НШ-32У. Характеристика конструктивно-технологічних особливостей корпусу шестеренного насоса. Огляд відомих методів відновлення корпусу шестеренного насоса. Обґрунтування теми магістерської роботи.

2. Дослідницький розділ. Стан питання, мета і задачі дослідження: Умови роботи шестеренних насосів. Вплив зносу деталей шестеренних насосів на їх працездатність. Способи відновлення корпусів шестеренних насосів. Модель геометричної форми корпусу. Модель процесу управління внутрішніми напруженнями в корпусі. Співвідношення для деформованого і напруженого стану. Визначення деформацій корпусу. Визначення твердості матеріалу.

Випробування на зношування. Визначення механічних характеристик матеріалу.
Висновки.

3. Технологічний розділ. Технологічний процес дефектації корпусу шестеренного насоса. Характеристика дефектів, складання технологічних маршрутів відновлення корпусу. Вибір оптимального методу відновлення корпусу насоса. Характеристика обраного методу відновлення деталі. Проектування технологічного процесу відновлення корпусу шестеренного насоса. Розрахунок і підбір режимів виконання технологічних операцій. Розрахунок технічних норм часу виконання технологічних операцій по відновленню і зміцненню корпусу шестеренного насоса.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).

1. Мета і задачі досліджень (ф.А1). 2. Теоретичні дослідження (ф.А1). 3. Результати досліджень (ф.А1). 4. Схема розбирання насосу НШ-32У (ф.А1). 5. Методи відновлення корпусів НШ-32У (ф.А1). 6. Корпус насоса НШ-32У ремонтне креслення (ф.А2), технологічна карта дефектації (ф.А2). 7. Технологічні карти відновлення корпусу (ф.А1). 8-9.

7. Дата видачі завдання 03 жовтня 2024 р.

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальний розділ	12.10.2018	
2	Оглядовий розділ	19.10.2018	
3	Дослідницький розділ	22.10.2018	
4	Технологічний розділ	31.10.2018	
	Графічний матеріал	30.11.2018	

Магістрант _____ Дмитро КОСТЕНКО

→ → (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Юрій КУЛЄШКОВ

..... (підпис) (ім'я та прізвище)

Активация Windows

Чтобы активировать Windows, перейдите в

РЕФЕРАТ

У даній кваліфікаційній магістерській роботі на здобуття другого магістерського рівня вищої освіти з освітньо-професійної програми «Технічний сервіс» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» на тему «Дослідження технології відновлення корпусу шестеренних насосів типу НШ сільськогосподарської техніки у ТОВ «Завод «Дзеркальник»» м. Кропивницький» розроблені питання забезпечення підвищення якісного відновлення і зміцнення корпусу шестеренного насоса деформаційно-термічною обробкою.

В магістерській роботі на основі результатів наукових теоретичних і експериментальних досліджень напружено-деформованого стану корпусу насоса та на основі досліджень раціональних режимів деформаційно-термічної обробки корпусу шестеренного насоса було розроблено технологію відновлення і зміцнення корпусу шестеренного насоса сільськогосподарської техніки.

В першому загальному розділі представлена коротка характеристика базового підприємства ТОВ «Завод «Дзеркальник»» м. Кропивницький. Наведена характеристика шестеренного насоса НШ-32У, характеристика конструктивно-технологічних особливостей корпусу шестеренного насоса. Наведено огляд відомих методів відновлення корпусу шестеренного насоса. Обґрунтована тема магістерської роботи.

В другому дослідницькому розділі наведено стан питання, мета і задачі дослідження. Умови роботи шестеренних насосів. Визначено вплив зносу деталей шестеренних насосів на їх працездатність. Наведені способи відновлення корпусів шестеренних насосів. Створена модель геометричної форми корпусу та модель процесу управління внутрішніми напруженнями в корпусі. Отримані співвідношення для деформованого і напруженого стану. Визначені деформації корпусу в результаті деформаційно-термічної обробки. Визначено твердість матеріалу відновленого корпусу. Наведені результати випробування корпусу на зношування та інших механічних характеристик матеріалу корпусу.

В третьому технологічному розділі представлено технологічний процес дефектації корпусу шестеренного насоса. Наведена характеристика дефектів. Були складені технологічні маршрути відновлення корпусу. Вибрані оптимальні методи відновлення корпусу насоса гарячим пластичним деформуванням. Наведена характеристика обраного методу відновлення корпусу. Спроековано технологічний процес відновлення корпусу шестеренного насоса. Розраховані і підібрані режими виконання технологічних операцій. Розраховані технічні норми часу виконання технологічних операцій по відновленню і зміцненню корпусу шестеренного насоса .

Кваліфікаційна магістерська робота складається з вступу, 3 розділів, висновків; містить 68 сторінка тексту, 16 рисунків, 11 таблиць, 0 додатків.

Вступ

На сьогодні першочерговою задачею агропромислового комплексу України є підвищення якості ремонту та обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки, а також забезпечення необхідних передумов до її збереження. Тому необхідно продовжити вдосконалення та спеціалізацію ремонтно–обслуговуючої бази підприємств агропромислового комплексу.

Одним із основних питань ремонтного виробництва є відновлення зношених деталей.

В даний час на ремонт сільськогосподарської техніки в рік витрачається більше 3 млрд. грн. , близько 40% цих витрат займають запасні частини.

Одним з ефективних шляхів зниження затрат на ремонт є багатократне відновлення деталей та забезпечення їх взаємозамінності. Ефективність цих заходів підтверджується тим, що вартість відновлення деталей складає 25 – 30% вартості нових.

В сучасних конструкціях мобільних сільськогосподарських машин широко застосовуються гідравлічні виконавчі механізми для приводу робочих органів ,у системі управління, а також в якості гідравлічних трансмісій.

Використання активних робочих органів на агрегатуємих з трактором машинах і знаряддях сприяє розширенню функціональних можливостей сільськогосподарської техніки.

Привід активних робочих органів від енергії робочих рідин в порівнянні з механічними дозволяє:

- спростити кінематику машин, зменшити кількість елементів передач;
- забезпечити надійне запобігання робочих органів від перевантажень;
- індивідуально регулювати швидкість різноманітних робочих органів та реверсувати обертання валів в процесі роботи;
- знизити затрати часу на регулювання і технічне обслуговування машин; дистанційно керувати режимами робочих органів, автоматизувати процес управління;
- покращити санітарно-гігієнічні умови роботи механізаторів і естетичне оформлення машин.

Переваги гідравлічного приводу не завжди можуть бути реалізовані повністю в експлуатації із-за відмов гідроагрегатів, що викликані не досконалістю їх конструкції або гідросистеми з неякісним виготовленням та складанням гідроагрегатів; порушенням правил експлуатації і технічного обслуговування, а також низькою якістю ремонту.

В даний час відновлення корпусів насосів відомими способами не знайшло широкого використання. При ремонті насосів типу НШ в основному корпуси насосів не відновлюються, а вибраковуюються. Тому важливою задачею сучасного етапу розвитку експлуатації та ремонту є суттєве підвищення якості, надійності та довговічності деталей, вузлів і механізмів гідравлічних систем мобільної сільськогосподарської техніки. Ця проблема може бути вирішена тільки на основі комплексного підходу, що включає як створення нових матеріалів так і розробку та освоєння ефективних технологій відновлення і зміцнення деталей гідравлічних приводів сучасних сільськогосподарських машин.

1.1 Коротка історія розвитку підприємства та характеристика підприємства

За майже 70 років роботи ТОВ «Завод «Дзеркальник» пройшов шлях від артілі до сучасного підприємства — лідера галузі регіону. І на всіх етапах існування підприємства головним його ресурсом був колектив однодумців.

28 квітня 1948 року дзеркальний цех артілі «ХІМІК» став самостійною артіллю, яку зареєстрували під назвою «Червоний дзеркальник». Першим головою новоствореної артілі став Зяма Аазарович Ярошевський, а з 1952 року і аж до 1974-го артіллю керував Петро Тарасович Драган.

У 1959 році артіль перебазувалась з приміщення на розі вулиць Червоногвардійська та Олексіївська (Гагаріна) на пустир по вулиці Р. Люксембург, 48А. До будівництва першого головного корпусу дзеркального цеху долучились всі працівники артілі.

Тоді дзеркала вироблялись за технологією посріблення, що являла собою заливку поверхні скла відповідним розчином вручну. Для обробки країв скловиробів та виготовлення фацету (фасок) застосовувались чавунні та піщані шайби.

У 1960 році підприємство стало державним заводом «Червоний дзеркальник». А в 1967-1969 роках була повністю змінена технологія виготовлення дзеркал: від посріблення перейшли до алюмінірування — методу термічного випарювання алюмінію у вакуумі з подальшою його конденсацією на поверхні скла. Це дозволило значно збільшити обсяги виробництва та розширити ринки збуту продукції.

У 1981 році замість чавунних та піщаних шайб у виробництві почали використовувати алмазні шайби, завдяки чому значно підвищили продуктивність, розширили асортимент, зробили роботу фацетника привабливішою.

У 1980-90 роках обсяг виробництва дзеркальних виробів досяг максимальних обсягів 184-193 тис. кв. м за рік, 60% з яких становили дзеркала для меблів, 30% побутові дзеркала і 10% дзеркала технічні.

За розробку та впровадження технології шовкотрафаретного друку на дзеркала у 1988-89 роках завод отримав срібну та бронзові медалі ВДНГ СРСР та Диплом Першого ступеня і золоту медаль ВДНГ УРСР.

Співробітники заводу розробили й впровадили у виробництво десятки зразків побутових дзеркал, які до цього часу користуються попитом. А географія збуту продукції заводу охоплювала практично всі регіони колишнього Радянського Союзу.

Тодішні успіхи підприємства пов'язують з іменами керівників: Саєнка

Олександра Степановича, Головенка Віктора Павловича, Сподаренка Володимира Григоровича.¶

Темною сторінкою в історії заводу став загальний спад промислового виробництва в Україні в 1992-98 роках, який негативно позначився і на ринках збуту дзеркал.¶

З метою виходу з кризи у 1995 році завод було приватизовано трудовим колективом і перейменовано в ЗАТ «Завод «Дзеркальник»». Головою правління і виконавчим директором обрали Олександра Івановича Буйновського. Завдяки його вмілому керівництву вдалося зберегти спеціалістів, обладнання, а також відновити виробництво.¶

За останні роки придбано та впроваджено у виробництво нове високо-технологічне обладнання для обробки та декорування скла, а також обладнання для виготовлення корпусних меблів.¶

Розроблено широкий асортимент вітражних скловиробів та виготовлення орнаментів під замовлення. Все це дозволило не тільки стабілізувати виробництво, але й розширити та оновити номенклатуру виробів.¶

Нині ТОВ «Завод «Дзеркальник» виготовляє дзеркала в широкому асортименті, скло різної товщини, візерунчате скло, вітражі, склопакети, скляні двері, перегородки та вітрини, скляні душові кабінки, скляні перила, огорожі та сходи, безпечне скло-триплекс, скляні столи, стійки для телевізорів, корпусні меблі та торговельне обладнання.¶

На підприємстві максимум уваги приділяється індивідуальній роботі з замовником та постійному підвищенню кваліфікації співробітників, адже головний ресурс підприємства - це люди.¶

В останні роки підприємство у рамках конверсії почало ремонтувати та технічно обслуговувати складові елементи гідравлічних систем, зокрема гідравлічні насоси різних типів, що використовуються на гідроприводах сільськогосподарської техніки та промислового виробництва.¶

1.2 Характеристика шестеренного насоса НШ-32У

Шестеренні насоси застосовуються для подачі масла під тиском до тертьових поверхонь деталей двигуна та до гідроприводів гідравлічної системи трактора. Доволі часто насоси шестеренного типу використовують у системах мащення ДВС.

Призначення шестеренного насоса полягає для подачі робочої рідини під тиском в гідросистему трактора. В алюмінієвому корпусі виконані розточення під ведучу 2 і ведену 8 шестерні й втулки 3. Втулки виготовляють з антифрикційного матеріалу, наприклад з бронзи. Це пояснюється тим, що однією з функцій, яку виконують втулки є те що вони служать опорами ковзання для шестерень, а

також є ущільнювачами торцевих поверхонь шестерень. Вихідний кінець вала ведучої шестерні ущільнений манжетою 6.

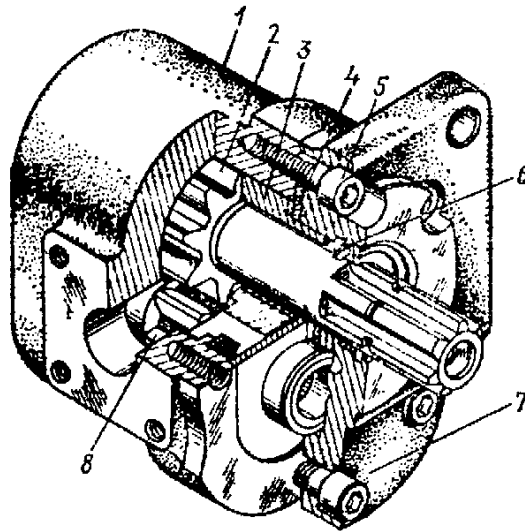


Рисунок 1.1 – Будова шестеренного насоса НШ-32-У і його вигляд

При процесі обертання шестерень робоча рідина з бака надходить в камеру низького тиску (камеру всмоктування) насоса, а звідси, робоча рідина в западинах шестерень, переміщається в камеру високого тиску (камеру нагнітання) і тут витісняється в гідросистему зубами шестерень, що входять в зачеплення.

Для зменшення внутрішніх витоків у насосі застосоване автоматичне регулювання зазору по торцях шестерень. Для цього масло з камери нагнітання підводиться під втулки 3. Одночасно на втулки діє тиск масла з боку шестерень, але на меншій площі. За рахунок різниці тиску на площі, що знаходяться під тиском, втулки притискаються з деяким зусиллям до шестерень, що є тим фактором, що суттєво зменшують втрати робочої рідини крізь торцеві зазори.

Камера високого тиску під втулками ущільнюється гумовою манжетою 4 і відділена від камери всмоктування ущільненням. Усі внутрішні втрати робочої рідини в насосі надходять у камеру всмоктування.

1.3 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей корпусу шестеренного насоса

Корпус шестеренного насоса призначений для складання всіх елементів насоса єдиний агрегат. Крім цього корпус відіграє роль замикачів робочих камер, створюваних у западинах шестерень. Корпус своїм дном герметично замикає торці шестерень, а циліндричними стінками колодязів сполучається й ущільнюють робочі камери по периферії шестерень.

Корпус – типова корпусна деталь і являє собою складний виливок коробчатої форми. Конструктивно він складається з наступних елементів: дна; бічної поверхні; колодязів під шестерні; отворів під валик головної шестерні й осі відомих шестерень; площини рознімання.

На бічних поверхнях деталі є дві симетричні площини, кожна з чотирма різьбовими отворами М8х1,5 для кріплення патрубків а також вхідний та вихідний отвори $\varnothing 23,5^{+0,1}_{-0,05}$. На площині роз'єму розміщено 8 різьбових отворів М10х1,5 для кріплення кришки насоса а також овалоподібне виточення $\varnothing 2,4^{+0,1}_{-0,05}$ під кільце ущільнення. Зовні, під всмоктуючим отвором є напис “ВХІД”. На днищі корпуса розміщена етикетка, що містить емблему заводу-виробника, марку та порядковий номер насоса, ДСТУ, номінальний тиск, геометричний об'єм і об'ємна подача масла за 1 хв при номінальній частоті обертання валу ведучої шестерні. Дві перші цифри порядкового номеру вказують рік випуску насоса.

Марка НШ-32У означає: насос шестеренний, теоретична продуктивність нового насоса – 32 см³/об, уніфікований.

Виготовляють корпус із алюмінієвого сплаву АЛ-9, хімічний склад та механічні властивості якого наведено в таб.1.1.

Таблиця 1.1 - Механічні властивості сплаву АЛ-9 та його хімічний склад

Матеріал	Механічні властивості			Хімічний склад у %			
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Mg	Si	Al	Інші елементи
АЛ-9	220	160	3	0,2...0,4	6...8	90	$\leq 0,1$ Be

Робочі поверхні корпуса виконані з високим ступенем точності, допуски на виконання розмірів відповідають 7...8 квалітету. Вимоги до робочих поверхонь та до їх взаємного розташування: відхилення від перпендикулярності осей колодязів не більше 0.03 мм, неплоскостність поверхонь під патрубки не більше 0.03 мм, непаралельність площини роз'єму – 0.1 мм, відхилення від циліндричності колодязів 0.01 мм.

Термообробка деталі: гартування (нагрівання до $t=530^\circ\text{C}$ з охолодженням у воді при $t=70^\circ\text{C}$) з подальшим старінням (нагрівання до $t=180^\circ\text{C}$ і охолодження на повітрі).

1.4 Характеристика умов роботи та аналіз причин зношування

Шестеренні насоси підлягають інтенсивній експлуатації, в процесі якої під дією механічних та гідравлічних навантажень деталі шестеренного насоса,

зокрема корпус піддається деформаціям та зносу. Основними дефектами корпусу при цьому є:

- знос колодязів корпусу по діаметру;
- знос і короблення площини роз'єму;
- зминання і зрив різьби;
- зломи і тріщини корпусу.

Основною причиною зносу колодязів корпусу, його дна і бічних поверхонь є гідро абразивне зношування. Дрібні частки металу, абразивні частки пилу, які потрапляють в робочі камери шестеренного насоса і які пройшли через фільтри при роботі насоса, є причиною інтенсивного зношування робочих поверхонь корпусу шестеренного насоса. Про це свідчать характерні концентричні риси, залишені абразивними частками на корпусі. Послаблення посадок і цапф, а також знос цих цапів варто зазвичай відносять до механічного виду зношування. В результаті дії знакозмінних механічних впливів високої інтенсивності відбувається зминання мікро нерівностей і подальше зношування робочих елементів шестеренного насоса.

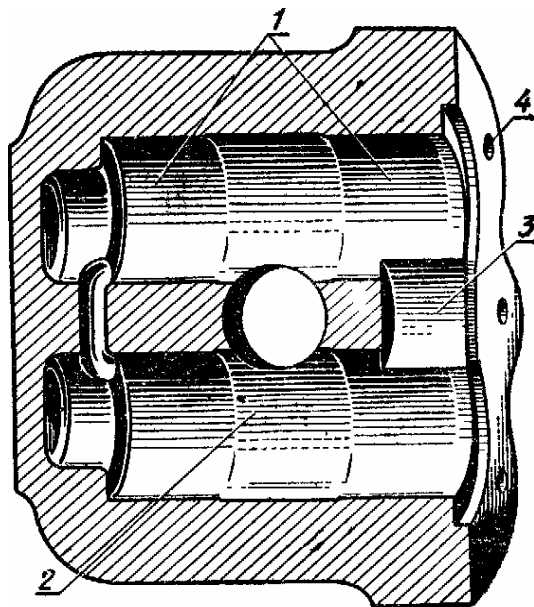
Знос отворів під штифти зустрічається нечасто і, як правило, виникає при надмірному затягуванні болтів при збиранні чи встановленні насоса без дотримання відповідної технології.

Інколи можливі навіть відколи корпусу в цих місцях.

Знос площини роз'єму як такий практично не зустрічається. Набагато частіше зустрічаються вм'ятини і забоїни на привалочній площині, що призводить до виходу насоса з ладу, оскільки через такі вм'ятини буде проходити перекачуване мастило.

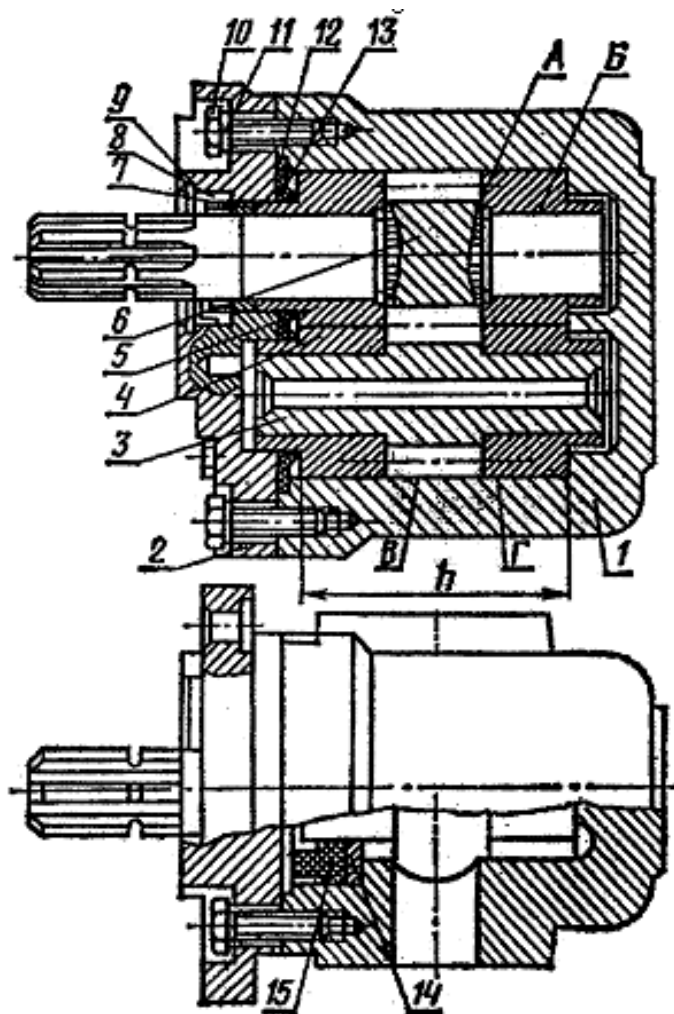
Аналіз характеру зносу показав, що знос основних робочих поверхонь корпусу носить нерівномірний характер.

Так циліндричні розточки корпусу під шестерні - колодязі мають односторонній знос із боку порожнини усмоктування. Це пояснюється тим, що поступаюча під тиском робоча рідина притискує весь качаючий вузол до порожнини усмоктування.



1 – знос опорних поверхонь; 2 – знос колодязів у спряженні з шестернями; 3 – знос поверхні під ущільнювальну манжету; 4 – знос різьби.

Рисунок 1.2 – Характерні зноси корпусу насоса:



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – ведена шестерня; 4 – втулка; 5 – втулка; 6 – ведуча шестерня; 8 – манжета; 9 – стопорне кільце; 10 – болти; 11 – шайби; 12 – манжета ущільнення; 13 – кільце ущільнення манжети; 14 – вкладиші; 15 – спеціальне ущільнення.

Рисунок 1.3 – Насос НШ-32У в зборі

1.5 Характеристика шестеренного насоса

Насос НШ-32У встановлюють на тракторах класів 1.4 і 2 (наприклад Т-40АМ), в гідросистемах рульового керування тракторів Т-150К, на інших дорожніх та сільськогосподарських машинах.

Технічні характеристики шестеренного насоса приведено у таб.1.2.

Насоси типу НШ випускають з 1968 року. Вони прийшли на зміну насосам НШВ, які при зносі деталей вузла що качає по висоті на 0.3 мм виходили з ладу. Різниця між моделями в тому, що замість розвантажувальної пластини з кільцем ущільнення між кришкою і корпусом введено цільну гумову манжету з двома тоненькими сталевими кільцями для ущільнення опорних втулок. Сталеві кільця перешкоджають витискуванню манжети в площину між хвостовиком втулки і отвором в кришці. Запірні пружини для фіксації опорних втулок усунуто, а для кращого притискання втулки до корпусу отвір кришки під ведучу шестерню розточений на 0.5 мм в діаметрі. Для зменшення тиску на опорні втулки а також для зменшення зносу спряжених поверхонь на торцях втулок зроблені розвантажувальні канавки розміром 2х2 мм. Для перешкодження витікання масла з площини А (мал. 1.2.) у всмоктувальну площину насоса з боку всмоктування в діаметрі 59 мм встановлено гумове ущільнення та алюмінієвий вкладиш.

Таблиця 1.2 Технічні характеристики насоса НШ-32У

Параметри	Значення.
1. Робочий об'єм, см ³	31,7
2. Тиск напору, МПа: номінальний; максимальний.	10 14
3. Номінальний тиск масла на вході, МПа: номінальний; максимальний.	0,075 0,12
4. Частота обертання, об/хв: мінімальна; номінальна; максимальна.	1200 1500 1420
5. Номінальна об'ємна подача, л/хв	47,3
6. Номінальна потужність, кВт	10,9
7. Коефіцієнт подачі	0,92
8. Повний ККД	0,82
9. Маса деталі, кг	5,3

Щоб внутрішні втрати рідини в насосі крізь отвори між торцевими поверхнями втулок і шестернями були мінімальними, передбачено автоматичне піджимання: робоча рідина з площини напору насоса йде по отвору в площину А над передніми опорними втулками і притискує їх, встановлюючи між ними і шестернями зазор. З боку зубів діє відтискне зусилля рідини. Результируюча цих зусиль створює масляну плівку оптимальної товщини для мащення поверхонь що труться.

Конструктивне удосконалення вузла ущільненням та автоматичною компенсацією торцевих зазорів дозволили підвищити гарантований ресурс насосів до 1000 годин роботи порівняно 8000 годин насосів старого зразка.

1.6 Вимоги до рівня довговічності деталі

Надійність і довговічність деталей машин треба віднести до основних технічних характеристик деталі. Довговічність деталі кількісно оцінюють за допомогою двох груп показників: ресурсу пов'язаного з наробітком об'єкту і терміну експлуатації. Звісно, що деталь повинна бути довговічною, тобто експлуатуватися якомога довший термін.

В процесі експлуатації відбувається зміна як геометричних так і фізико-механічних властивостей матеріалу деталей, зокрема, накопичення втоми, зміна мікроструктури металу, утворення мікроушкоджень та мікротріщин.

Надійність і довговічність деталі можна підвищувати різними шляхами, основними з яких є:

- конструкторський метод;
- вибір матеріалів;
- технологічний метод.

Конструкторський метод полягає у тому, що деталь повинна бути сконструйована так, щоб відповідати якомога більшій кількості вимог, що пред'являють до її розробки. Правильно обраний матеріал повинен мати високі антифрикційні та протизадирочні якості, високий ступінь припрацювання. Покращити ці властивості допомагає термічна обробка деталі при її виготовленні.

Технологічний метод зводиться до отримання заготовки без мікротріщин та різних вад, які є постійними супутниками лиття.

Потрібно застосовувати біль прогресивні методи отримання заготовок, наприклад лиття під тиском.

Покращити характеристики деталі можна і в процесі відновлення.

Вдало обраний метод відновлення при дотриманні технології відновлює ресурс деталі, а інколи й збільшує його порівняно з новою деталлю.

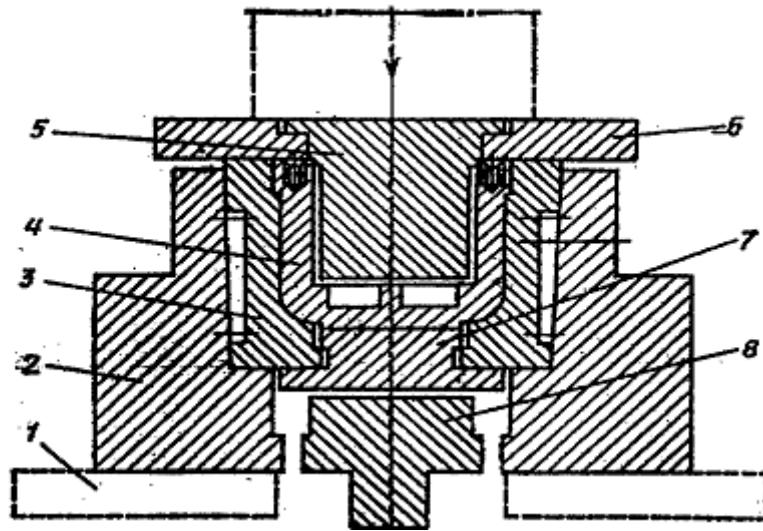
1.7 Огляд відомих методів відновлення корпусу шестеренного насоса

Всі існуючі методи відновлення корпусів насосів типу НШ можна поділити на такі:

- метод додаткових ремонтних деталей (різьбові отвори);
- відновлення корпусів різними видами зварювання (холодне зварювання припаями ЛОК, зварювання порошковою проволокою);
- відновлення фрезеруванням (площини);
- відновлення різними видами наплавлення (наплавлення міддю або латунню, наплавлення дротом, аргоно-дугове наплавлення);
- відновлення гарячим пластичним деформуванням;
- постановка алюмінієвих або чавунних гільз;
- відновлення зміщенням шестерень;
- метод постанови спіральних скруток (різьбові отвори);
- метод ЛГД;
- точіння під більший ремонтний розмір;

Корпус насоса НШ–32У виготовлення з алюмінієвого сплаву, тому до даної деталі не всі методи можна застосувати.

Більш повний опис методів котрі пристосовують для відновлення надано нижче.



1 – станина преса; 2 – корпус прес-форми; 3 – блок матриць; 4 – корпус гідронасоса; 5 – пуансон; 6 – плита; 7 – шайба; 8 – виштовхувач

Рисунок 1.4 – Прес-форма для обтискання

Відновлення корпусів гарячим пластичним деформуванням (обтисканням)

Відновлення корпусів насосів обтисканням проводять в спеціальному пристосуванні (рис. 1.4). Пристосування складається з корпусу прес-форми 2, блоку матриці 3, пуансону 5 та інші. Внутрішній отвір корпусу прес-форми має конусність $1,5...2^\circ$. Нагрітий корпус гідронасосу, разом з матрицею 3 розміщують в корпусі 2 пристосування. Обтискання проводять на пресі зусиллям 1000 кН. Величина деформування деталі обмежується спеціальним пуансоном 5 що має форму колодязів, котрий встановлюють в корпус. Перед обтисканням деталь гріють до температури $480...500^\circ\text{C}$ і витримують 30...60 хв. Температура деталі при обтисканні не повинна бути нижче 440°C , інакше різко знижуються пластичні якості сплаву. Після обтискання деталь знову гріють до температури $525...535^\circ\text{C}$, витримують 15...30 хв. і загартовують у нагрітій до $50...75^\circ\text{C}$ воді. Для зміцнення корпусу його піддають штучному старінню - витримці на протязі 4 годин при температурі $100...120^\circ\text{C}$ (рис. 1.4.).

До переваг способу можна віднести:

- економічна ефективність, так як відсутні витрати матеріалів;
- відсутність шкідливих електромагнітних випромінювань;
- підвищення механічних властивостей матеріалу деталі;

- мале в 3...5 разів розширення насосу в поясі верхніх втулок і біля дна (відповідно на 55 і 30 мкм);
- збільшення ресурсу роботи насоса в 1.6 рази при порівнянні з гільзованими корпусами і в 4 рази при використанні розчину з епоксидних смол.

До недоліків відносять:

- коштовне штампове і термічне обладнання;
- шкідливі і небезпечні умови праці;
- велика подальша механічна обробка.

Відновлення корпусів постанововою алюмінієвих або чавунних гільз

При відновленні деталей постанововою гільз використовують гільзи із сірого чавуну, алюмінієвих сплавів, АЛ-5, АЛ-9 і інші. Гільзи відливають в металічній формі-копилью, підігрітій до 250...300°C.

Відлиті гільзи ставлять в розточенні корпуси, змащенні епоксидним клеєм, сушать в термічній шафі і потім проводять механічну обробку.

До переваг відносять:

- менш трудомісткий порівняно з обтисканням;

До недоліків відносять:

- великі втрати допоміжного матеріалу;
- менший ресурс роботи порівняно з іншими методами відновлення;
- розширення в поясі верхніх втулок і біля дна відповідно на 180 і 70 мкм;

Спосіб відновлення зміщенням шестерень

Широке розповсюдження знайшов спосіб відновлення насосів НШ-32 У зміщенням шестерень. Зношені колодязі корпусів розточують до діаметру $55,6^{+0,02}$ або $55,9^{+0,02}$ мм. В таку деталь встановлюють втулки збільшеного розміру по зовнішньому діаметру з ексцентрично розточеними отворами під запори шестерень. Ексцентриситет складає 0.4...0.65 мм. Шестерні по колам виступів шліфують під ремонтний розмір. Зміщення їх осей в бік всмоктувальної площини призводить до кращого торкання зубами стінок корпуса, усунення зазорів і створення надійного розділення всмоктувальної та нагнітаючої площин.

Перевагою методу є та, що відновленням можна одночасно регулювати зазор і створювати надійний розділ всмоктувальної та нагнітаючої площин.

Недолік методу – зменшення зони ущільнення радіального зазору.

Відновлення наплавленням

Технологія відновлення корпусів методом наплавлення включає в себе ретельне миття та просушування. Поверхні колодязів зачищають стальним йоршиком до металевого блиску. Підготовлену деталь нагрівають до 200...220°C. Після наплавлення корпус піддають термічній обробці: загартовують та піддають старінню.

Подальшу механічну обробку під ремонтні розміри ведуть за технології ГОСНИТИ.

Для наплавлення застосовують електродугове зварення електродами що плавляться або що не плавляться. При зварюванні вольфрамовими електродами наплавлений об'єм присадочного матеріалу не залежить від величини сили струму, що дає можливість впливати на хімічний склад а отже і на механічні властивості шару наплавленого металу. В якості присадочного матеріалу використовують дріт діаметром 1,6...2,0 мм з алюмінієвих сплавів АМг-5, АМг-6, АМг-7, Д20, В-92.

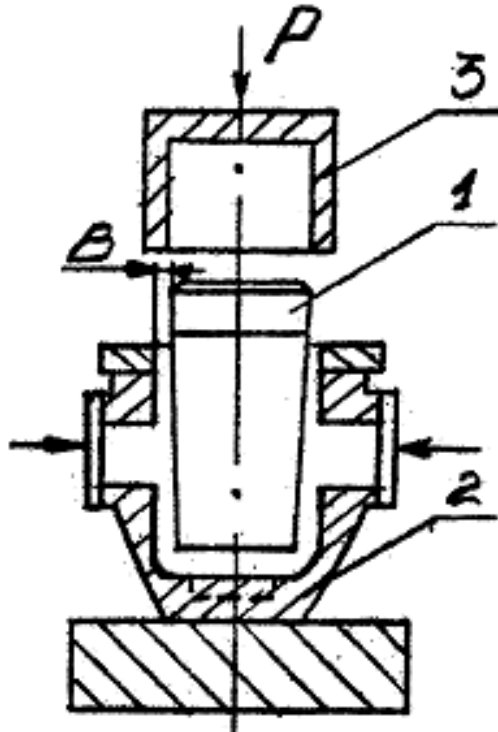
Перевагами наплавлення є можливість зміни механічних властивостей наплавленого шару металу та легкодоступність способу. Недоліками є необхідність застосування присадочного матеріалу та великі витрати електроенергії.

Відновлення методом літтєве гільзування під тиском (ЛГТ).

Також розроблено метод відновлення корпусів насосів типу НШ методом ЛГТ в період кристалізації металу гільзи. Сутність методу полягає в тому, що відновлення зношеної деталі відбувається заливанням рідкого сплаву АЛ-9 між простінками відновлюваної та формоутворюючої деталей з наступним пресуванням залитого металу в період кристалізації (рис. 1.5.). Під дією

пресуючого пуансона 3 метал шару В притискується до стінок корпусу. Формоутворюючим є стержень 1.

Відновлення в такий спосіб призводить до збільшення щільності та герметичності корпусу, усунення ліквацій та поліпшення фізико-механічних якостей деталі. Але, як показує практика, великим недоліком методу є погана спікаємість основного металу із залитим сплавом.



1 – стержень; 2 – корпус гідронасоса; 3 – пуансон

Рисунок 1.5 – Схема методу ЛГТ

Метод нанесення полімерних матеріалів

Метод базується на нанесенні на зношені поверхні колодязів корпусу насоса епоксидних смол (наприклад ЕД-6) з додаванням алюмінієвого порошку. Після застигання смоли проводять термічну та механічну обробку деталі.

1.8 Обґрунтування теми магістерської роботи

В сучасному сільському господарстві постала проблема чи відновлювати зношення деталей, або замінювати його новими, як показали економічні розрахунки при відповідному масовому відновленню деталей та вузлів їх працездатність продовжується на 80%, а витрати складають до 60% від вартості нової деталі, тож як бачимо вигідніше є відновлення деталей.

Запропонований в магістерській роботі спосіб відновлення деталей гарячим пластичним деформуванням характеризується високою якістю відновлення малою трудомісткістю формувальних робіт, простота і дешевизна обладнання що застосовується.

Ремонт та відновлення деталей пластичним деформуванням ґрунтується на здатності металів змінювати свою форму під тиском. Відмінною рисою запропонованого способу відновлення є те, що деформування відбувається в закритому штампі, що сприяє заліковуванню мікротріщин всередині металу, що забезпечує не тільки відновлення втомної міцності, а навіть її збільшення, що недоступно при використанні інших відомих методів.

З вищенаведеного випливає, що тема магістерської роботи: «Дослідження технології відновлення корпусу шестеренних насосів типу НШ сільськогосподарської техніки у ТОВ «Завод «Дзеркальник»» м.Кропивницький» безсумнівно є своєчасною і актуальною.

РОЗДІЛ 2

2.1 Стан питання, мета і задачі дослідження

Технічний стан сільськогосподарських машин у значній мірі залежить від стану та показників роботи їх гідросистем. Тому важливим чинником при цьому є експлуатаційна надійність, якість та довговічність у роботі їх гідросистем. Застосування гідравлічного пов'язано з цілою низкою їх переваг у порівнянні з іншими типами приводів, а саме [1 - 4]:

- плавність роботи;
- високий ККД;
- висока швидкість реверсу;
- низька інерційність;
- можливість передачі високих потужностей при малих габаритах і масі;
- висока надійність під час експлуатації;
- надзвичайна зручність компонування робочих органів за рахунок гнучкості гідравлічних магістралей;
- легкість здійснення, як обертального руху при використанні гідромоторів, так і зворотно-поступального руху при використанні гідроциліндрів;
- можливість акумулювання надлишків енергії за рахунок широкого використання гідроакумуляторів;

- легкість реалізації безступеневого регулювання передачі потоку енергії;
- легкість керування енергетичним потоком;
- оборотність приводу - можливість працювати як у якості гідронасоса, так і гідро двигуна, тощо.

Використання гідравлічного приводу руху робочих органів підвищує ефективність застосування техніки при одночасному зниженні собівартості проведених робіт [4].

Продуктивність та надійність у роботі гідросистеми залежить від експлуатаційних показників роботи насоса, а отже основою гідросистеми є насос. У теперішній час найбільше поширення в гідросистемах різних машин знайшли саме шестеренні насоси типу НШ - У. Це пояснюється їх надійною роботою, у порівнянні з іншими типами насосів в тяжких умовах, простотою конструкції і технічного обслуговування, малими габаритами і вагою [5].

При цьому деталлю, яка лімітує ресурс роботи насоса є його корпус, який при відновленні, як правило, вибраковується. Звідси слідує, що необхідно знаходити шляхи вирішення цієї проблеми, а саме досліджувати ефективні технології відновлення і зміцнення корпусу шестеренного насосу.

А тому тема магістерської роботи спрямована на дослідження технології відновлення корпусів шестеренних насосів є своєчасною і актуальною.

2.2 Умови роботи шестеренних насосів

Насоси гідравлічних систем працюють у складних умовах [8, 9]. Це пов'язано з дією багатьох факторів, які впливають як на працездатність, так і на строк служби насосів НШ.

До цих факторів слід віднести дію знакозмінних температурних режимів, пов'язаних як з температурним балансом під час роботи самої гідросистеми, так і з впливом змінних температурних режимів навколишнього середовища. Гідросистеми сільськогосподарських машин, працюють в умовах досить високих забруднень, які можна розподілити на зовнішні (навколишнє середовище, атмосферні забруднення), та внутрішні (забрудненість робочих рідин і т.д.) [10].

Дослідженнями, проведеними в роботах [10 - 12] встановлено, що працездатність агрегатів гідросистем в основному визначається наявністю у робочій рідині забруднень, які сприяють відмовам, частка таких відмов складає 60% [10] і навіть може досягати до 80% [10, 13]. На сьогодні технічною документацією на експлуатацію гідросистем передбачено використання в якості робочої рідини мінеральні масла марок М10Г2, М10В2, М8В2, М8Г2. Чистота

масла повинна відповідати 15-му класу [14], що складає 0,016 по масі. При цьому розміри часток забруднень не повинні перевищувати 20 – 30 мкм.

Фактична забрудненість рідин гідросистем тракторів, транспортних машин частіше всього відповідає 17 класу і може досягати величини 0,2% або 2000 мг/л масла. Відповідно, ступінь забрудненості рідин гідросистем збільшується майже у 13 разів у порівнянні з нормативно-технічною документацією.

Процес забруднення робочої рідини гідронасосів твердими домішками відбувається на різних етапах. Атмосферні забруднення попадають при транспортуванні та зберіганні масел, а також при експлуатації та ремонті гідроагрегатів.

Переважаючим забруднювачем атмосферного пилу є абразив. У одному літрі повітря число часток абразивного пилу знаходиться в межах від 10 до 200 тисяч, а їх розмір досягає до 100 мкм [10]. За своїм складом атмосферний пил містить: оксиди кремнію 65 - 95 % з твердістю по десятигнітній шкалі Мооса - 7 одиниць, алюмінію – 5 - 35 % з твердістю 9 одиниць [10].

Відомо [16], що під час оранки за семигодинний робочий день у бак гідросистеми тракторів тягового класу 1,4...3 надходить від 0,1 до 2,4 м³ повітря.

З цього випливає, що кожен день у робочу рідину потрапляє у середньому 10 г атмосферного пилу.

Дослідження, які були проведені на ряді ремонтних підприємств показали, що частка забруднювачів у технологічних рідинах знаходиться по масі в межах від 0,007 до 0,035%, а їх гранулометричний склад змінюється в межах від 0,5 до 200 мкм. У відремонтованих гідронасосах склад технічних домішок знаходиться в межах від 0,025 до 0,110 %, розподілювачах від 0,028 – 0,135% [18, 19]. Окрім того не повне видалення забруднень перед збиранням знижує післяремонтний ресурс гідроагрегатів на 20 – 30%. Дослідженнями, проведеними в роботах [10, 11] встановлено, що суттєвим фактором, який впливає на інтенсивність зношування деталей гідросистем є кількість і розміри абразивних часток.

Але окрім абразивного зносу, робочі поверхні гідравлічних насосів, хоч і у значно меншій мірі, піддаються ще й кавітаційному впливу. Автори робіт зазначають, що поряд з абразивним зносом внутрішні поверхні шестеренних насосів мають сліди кавітаційного руйнування.

Гідросистеми працюють не тільки в умовах високих забруднень, але й в умовах значних деформацій циклічного характеру.

Умови роботи насосу доводять, що найбільш слабким місцем шестеренних насосів є корпус. Він є базовою деталлю всього насосу. Під дією циклічного тиску робочої рідини він деформується. Корпус сприймає значні деформації наслідком яких є перекошування деталей самого насосу та збільшення робочих зазорів у спряженнях. Всі ці фактори призводять до зниження експлуатаційних

показників роботи гідросистеми в цілому. Тому проблема підвищення жорсткості і міцності корпусів шестеренних насосів є актуальною.

2.3 Вплив зносу деталей шестеренних насосів на їх працездатність

Несправність насосу, під час експлуатації, тягне за собою порушення роботи гідросистеми і, як наслідок – зниження якісних показників роботи машин [31]. Отже виникає необхідність розгляду впливу зносу деталей шестеренних насосів на їх працездатність.

У процесі експлуатації насоса, зносу піддаються усі його основні деталі, у тому числі, і корпус. В зв'язку з цим змінюється початкова макро - і мікрогеометрія робочих поверхонь, відбувається зміна їхніх фізико-механічних властивостей. Результатом зносу є порушення вихідних посадок, наявність перекосу спряжених деталей, що супроводжується зменшенням робочої площі і, як наслідок, прискорений знос деталей насоса. Все це впливає на герметичність основних спряжень насосу і приводить до збільшення внутрішніх втрат робочої рідини насосом, величина яких лімітується характеристиками насосу [10]. При цьому, як показують дослідження, вкрай негативний вплив на працездатність насоса має нерівномірність зносу його деталей. В своїх дослідженнях І.Е. Ульман [11] визначає основні спряження в насосі типу НШ – У, що мають найбільший вплив на його працездатність (рис. 2.1).

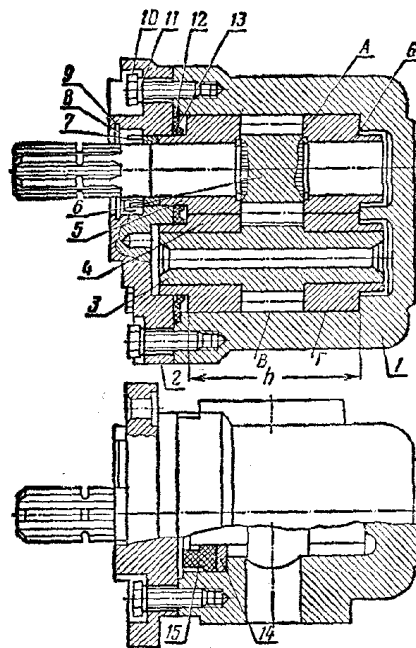


Рисунок 2.1 - Спряжені поверхні гідронасоса типу НШ - У, які піддаються зносу

А – торців шестерень і втулок; Б – цапф шестерень і внутрішніх отворів втулок; В – корпусу насоса і вершин зубів шестерень; Г – втулок і корпусу насоса; h – сумарна висота втулок і шестерень; 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – ведена

шестерня; 4, 5 – втулки; 6 – ведуча шестерня; 7 – опорне кільце; 8 – манжета; 9 – стопорне кільце; 10 – болт; 11 – шайба; 12 – ущільнювальна манжета; 13 – кільце манжети; 14 – вкладиш; 15 - спеціальне ущільнення.

Серед показників роботи насосу, що визначають його працездатність, важливим є коефіцієнт подачі (КП). На величину КП впливають внутрішні втрати через зазори в спряженнях насосу.

М.М. Севернєв запропонував графічну залежність зниження КП шестеренного насосу типу НШ - У від часу його роботи в умовах зносу окремих спряжень. Він стверджує, що збільшення зносу окремих спряжень при циклічному характері тиску призводить до більш інтенсивного зниження КП насоса.

При роботі насосу під постійним тиском, КП два рази різко падав, але після часткового його розбирання майже повністю відновлювався. Такий характер зниження КП, на думку М.М. Севернєва, пояснюється особливостями конструкції насосів НШ – У, яка передбачує гідравлічну компенсацію зазорів. При роботі насосу під постійним тиском виникає ймовірність “зависання” його деталей, якому сприяють абразивні частки, що знаходяться у робочій рідині. Це ускладнює компенсацію зазорів, які збільшуються по мірі зносу спряжень. Циклічний характер тиску навпаки збільшує рухливість спряжень, підсилюючи їх знос.

І.С. Левицький, також стверджує, що в результаті зносу деталей шестеренних насосів типу НШ – У їх КП знижується, а також різко падає тиск, який ними розвивається. Згідно його даних: при збільшенні зазорів у спряженнях гідронасосів у 2 рази, внутрішні втрати збільшуються майже у 8 разів.

По даним наведеним у літературних джерелах гранично припустимим рівнем КП для насосів типу НШ - У є рівень 0,60... 0,65.

Колодязі корпусів насосів зношуються по діаметру, що є безпосередньою причиною росту радіального зазору в спряженні “корпус - шестерні”. Зазори в зазначеному спряженні, при роботі насосу, досягають значень 0,195...0,261 мм при гранично припустимому зазорі - 0,170 мм, що є причиною зниження КП насоса до 0,68. Значні зноси колодязів корпуса призводять до порушення розташування деталей насоса і навіть до перекосу усього качаючого вузла, що, в окремих випадках, може привести до заклинення шестерень у корпусі.

Зменшення радіального зазору веде до зменшення перекосу опорних втулок в колодязях корпусу, внаслідок чого зменшуються втрати рідини через це спряження. В конструкціях насосів зі зменшеними радіальними зазорами спостерігається підвищення КП, а заклинення опорних втулок не відбувається. Робота насоса під навантаженням, внаслідок особливостей конструкції, створює з боку камери нагнітання зону, в якій тиск досягає значень 17,5...20,0 МПа і

більших. Тиск робочої рідини, діючи на площі деталей, створює значні сили, які сприяють притисканню качаючого вузла в бік камери всмоктування, що спричиняє втрати рідини через утворені зазори. Крім того, ці сили створюють великі тиски в спряженнях насоса і призводять до зношення контактуючих поверхонь.

У шестеренному насосі функцію підшипників ковзання виконують втулки. Знос втулок, під час експлуатації, відбувається за всіма робочими поверхнями. Як відомо, в камері нагнітання, завдяки дії пульсуючого тиску робочої рідини, діють і пульсуючі навантаження, що спричиняє знос втулок по зовнішньому діаметру. В результаті контактування втулок з корпусом відбувається зминання їх робочих поверхонь. Дослідження показують, що величина зносу поверхонь колодязів корпусу під верхніми втулками у 2 – 5 разів більша, чим під нижніми. Крім цього відбувається зміщення всього качаючого вузла і, як наслідок, випрацювання шестернями серповидних зазорів на поверхні корпусу. Під впливом коливальних змінних сил, що діють на втулки, які мають достатню рухомість в колодязі корпусу із-за значного радіального зазору, може відбуватися заклинювання верхніх рухомих втулок, це в свою чергу призводить до збільшення втрат через торцевий зазор і значного зниження КП насоса.

Згідно досліджень авторів робіт найбільша частка внутрішніх втрат рідини припадає на радіальні зазори в спряженнях “корпус - шестерня” та “цапфа - втулка”. Так, в роботі, показано, що при величині зазору в спряженні “цапфа - втулка” - 0,19 мм, значення КП знижується до рівня, тобто досягає свого граничного значення. Зазначимо, що величина зазору в спряженні “корпус - втулка”, як правило, не перевищує 0,12 мм і втрати рідини в цих спряженнях при таких значеннях зазору невеликі і складають $2...3 \text{ дм}^3/\text{хв}$.

Крутний момент і дія пульсуючого тиску, під час роботи насоса типу НШ - У, викликає знос стикових поверхонь втулок. Так збільшення зазорів в зазначеному спряженні до 0,22 мм, що у 2 рази більший за нормальний, знижує КП до рівня 0,82.

Знос втулок насоса по торцях при наявності автокомпенсації торцевих зазорів не повинен істотно позначатися на збільшенні втрат. Проте нерівномірність зносу деталей у зазначеному спряженні, в наслідок биття торця шестерні, через неточність її виготовлення і складання насоса, порушення співвісності його приводу, а також перекосу усього качаючого вузла, через прогресуючий знос колодязів корпусу і зовнішнього діаметра втулок, призводить до істотного збільшення втрат через торцевий зазор.

Зноси шестерень декілька менші за величиною ніж зноси деталей, що сполучаються з ними. Проте ці зноси також впливають на збільшення зазорів у відповідних спряженнях.

Геометричні параметри шестерень визначають теоретичну об'ємну подачу насоса. Поведений в роботі розрахунок показує, що зменшення вихідних параметрів шестерень насоса НШ - 46У по зовнішньому діаметру на 0,8 мм, а по ширині зуба на 1,0 мм, що є граничними зносами, знижує об'ємну подачу насоса на 12,3%. У той же час експериментальні дослідження доводять, що самі незначні зноси шестерень по зовнішньому діаметру в межах 0,03...0,08 мм і по ширині вінця шестерні на 0,1 мм знижують об'ємну подачу насоса на 10...15%. Основна причина цього негативного явища - порушення герметичності між порожнинами нагнітання і всмоктування насоса внаслідок порушення вихідних посадок і утворення зазорів в усіх без винятку спряженнях, а також нерівномірний характер зносу деталей насоса.

Нерівномірний односторонній знос, як колодязів корпусу, так і втулок з боку протилежного взаємодії силовому гідравлічному напору рідини, призводить до зміщення усього качаючого вузла у бік камери всмоктування. У результаті цього з боку камери нагнітання на всю глибину корпусу утворюються серповидні зазори між качаючим вузлом, і поверхнею корпусу. В міру зносу корпусу, втулок, а також вінця і цапф шестерень по діаметру серповидні зазори збільшуються. Внаслідок цього відбувається збільшення порожнини високого тиску і зменшення перехідної зони від порожнини всмоктування до порожнини нагнітання. У результаті збільшуються втрати через радіальний зазор, збільшуються навантаження на цапфи шестерень і втулок через зростання впливу невірноважених сил, що сприяє переобтяженню умов роботи спряжень насоса і прискореного зносу його деталей.

Таким чином, працездатність насоса залежить від стану його спряжених деталей. Знос деталей призводить до порушення початкових посадок спряжених деталей, геометричних параметрів насоса. Це обумовлює збільшення внутрішніх втрат в насосі і погіршення його технічних характеристик. Нерівномірний характер зносу погіршує зазначені негативні процеси. При цьому втрати робочої рідини визначаються розмірами зазорів в усіх без винятку спряженнях насоса.

Враховуючи вище сказане приходимо до висновку, що зноси поверхонь корпусу найбільше впливають на технічні характеристики насосу типу НШ – У гідросистем машин. Це впливає з того, що корпус зношується у всіх спряженнях і є базовою деталлю насоса.

Під час роботи корпус, завдяки дії пульсуючого тиску робочої рідини, сприймає значні циклічні навантаження. Це у свою чергу приводить до значних деформацій та до збільшення зазорів у спряженнях з качаючим вузлом і, як наслідок, зниження КП насосу. Збільшення деформацій корпусу може вплинути на значення об'ємного і механічного ККД, працездатність підшипників, розподіл тиску в порожнинах нагнітання та всмоктування, врівноваженість сил, довговічність насосу. Тому корпус, на нашу думку, є найбільш відповідальним і,

нажаль, слабким місцем шестеренного насосу. Це пов'язано з його конструктивними особливостями та з технологічними – вибір матеріалу і технології виготовлення.

2.4 Мета і задачі магістерської роботи

Метою магістерської роботи є підвищення працездатності та довговічності корпусу шестеренного насосу типу НШ-У при відновленні.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити *наступні задачі*:

- проаналізувати умови роботи шестеренних насосів та відомі способи їх відновлення;
- дослідити вплив зносу деталей шестеренних насосів на їх працездатність;
- аналітично дослідити напружено-деформований стан корпусу насосу при відновленні способом деформаційно –термічною обробкою (ДТО);
- дослідити вплив формування внутрішніх напружень в корпусі на його працездатність та довговічність.
- розробити технологічні рекомендації для впровадження способу ДТО при відновленні.

Об'єктом дослідження є корпус шестеренного насосу.

Предметом досліджень є параметри підвищення працездатності та довговічності корпусу шестеренного насосу шляхом управління внутрішніми напруженнями.

2.5 Способи відновлення корпусів шестеренних насосів

Робота шестеренного гідронасосу протікає в умовах значної напруженості його деталей, яка пов'язана із збільшенням потужності, швидкості обертання шестерень, робочого тиску.

Окрім того шестеренні насоси працюють в умовах високих забруднень та агресивних середовищ. Результатом цього є зниження технічних характеристик насосу та вихід його з ладу. Це пояснюється низькими експлуатаційними властивостям деталей шестеренного насосу та недостатньо високими фізико-механічними характеристиками матеріалу корпусу. Заводська технологія виготовлення корпусів насосів, нажаль, не в повній мірі задовольняє сучасним вимогам працездатності та довговічності, які пред'являються до шестеренних насосів. Для поновлення працездатності корпусів розроблено багато способів, класифікація яких, наведена на рис. 2.2.

Знежирення поверхні колодязів корпусу, нанесення шпателем на поверхні колодязів корпусу шару епоксидного композиційного складу, витримку протягом 1...2 годин при температурі 18...20 °С, а потім ще 2 години у сушильній шафі при температурі 120...220 °С. Для відновлення корпусів застосовується наступний епоксидний композиційний склад: 100 вагових частин смоли ЕД-6, 20 вагових частин алюмінієвої пудри (або 160 вагових частин залізного порошку), 15 вагових частин дибутилфталату.

Товщина покриття знаходиться в межах від 1 мм до 25 мм. Потім проводять розточення корпусу під зменшений ремонтний розмір.

До відновлення способом нанесення полімерних покриттів можна ще віднести спосіб відновлення зміною робочої позиції елементів шестерня - корпус.

Даний спосіб ремонту полягає у розточуванні колодязів корпусу зі зміщенням центрів по осевій лінії на 0,2 - 0,3 мм з послідовним нанесенням епоксидної композиції. Зміщення центрів роблять для того, щоб внутрішня поверхня колодязів зі сторони порожнини нагнітання покривалась складом епоксидної композиції, а протилежна - була тілом корпусу. Після нанесення складу корпус розточують під ремонтний розмір.

Відомий спосіб відновлення корпусу шестеренної гідромашини рідким штампуванням, який включає наступні операції:

- розточування корпусу перед заливанням рідкого металу на фрезерному верстаті 6М82;
- відновлення корпусу рідким штампуванням сплавом алюмінію в спеціальному пристосуванні на пресі зусиллям 1000 кН;
- послідовна механічна обробка корпусу після штампування.

Відомі способи поновлення працездатності корпусу шестеренного гідронасосу електродуговим наплавленням в середовищі захисних газів, зокрема аргону. При цьому можуть бути застосовані різні схеми наплавлення.

І.Е. Ульянов та іншими вченими пропонується наплавляти внутрішні циліндричні поверхні по гвинтовій лінії вольфрамовим електродом, який не плавиться. Інша технологія наплавлення зношених колодязів корпусу базується на використанні електрода, що не плавиться. При цьому використовують зварювальний дріт Св. АМг6 при наступних режимах: величина зварювального струму 260...280 А, швидкість наплавлення 55...65 м/год, діаметр присадочного дроту 2 мм, крок наплавлення 5 мм, діаметр вольфрамового електроду 5 мм, витрати аргону 6...8 л/хв., температура попереднього підігріву корпусу 200...215 °С.

Товщина наплавленого шару 1,4...1,6 мм. Твердість наплавленого металу складає 110...126 НВ, в той час коли твердість основного металу складає 85...95 НВ.

Також розроблено спосіб відновлення корпусу шляхом наплавлення внутрішніх циліндричних поверхонь колодязів по твірній циліндричній поверхні вольфрамовим електродом, який не плавиться. Технологія наплавлення передбачає наплавлення зношених колодязів корпусу зварювальним дротом Св. Амгб при таких же режимах, як і в попередньому способі наплавлення. Товщина наплавленого шару становить при цьому 1,2...1,5 мм. Твердість наплавленого металу складає 90...110 НВ, в той час коли твердість основного металу складає 85...95 НВ.

Після наплавлення корпусу виконують його термічну обробку по режиму Т6.

Крім наплавлення, були розроблені способи поновлення працездатності колодязів корпусу нанесенням гальванічних покриттів сплавів цинк – залізо або цинк – нікель. Осадження покриттів здійснюють за допомогою спеціальних електродів з електроліту наступного складу: цинк сірчаноокислий - 220...240 г/л, нікель сірчаноокислий – 40...60 г/л, кислота борна 20...30 г/л, натрій сірчаноокислий 40...60 г/л. Режими осадження покриття: температура електроліту 18...250 С, кислотність рН 2...3, щільність струму 60...100 А/дм².

Товщина покриття корпусу складає 0,8 мм. Після нанесення покриттів здійснюють розточування колодязів корпусів під відповідний розмір.

Перевагами способів нанесення покриттів є:

- відносно не висока вартість відновлення, спосіб не потребує складне обладнання, добра стійкість проти корозійного зносу - відновлення нанесенням полімерних покриттів;
- добра обізнаність виробництвом, можливість варіювання властивостями матеріалу у певних межах – відновлення нанесенням металевих покриттів.

До недоліків цих способів слід віднести досить низьку якість відновлення корпусу. Це пояснюється тим, що:

- розточування стінок корпусу веде до зменшення їх поперечного перерізу;
- неоднорідністю складу матеріалу корпусу, який не в змозі працювати, як одне ціле, призводить до значних деформацій корпусу під час роботи гідронасосу і знижує його жорсткість;
- неоднорідність складу матеріалу корпусу з точки зору різних коефіцієнтів теплового розширення веде до зниження довговічності таких корпусів завдяки тому, що нагрівання корпусу під час роботи шестеренного насосу веде до відшаровування покриттів.

До недоліків способів ремонту наплавленням слід віднести негативний вплив високої температури від електричної дуги під час наплавлення, який впливає на мікроструктуру наплавленого шару металу та на основний метал корпусу і

розповсюджується на глибину понад 10 мм. Окрім того до недоліків цих способів слід віднести також і неоднорідність складу основного і наплавленого металу корпусу. Все це негативно впливає на працездатність корпусу. Значне зростання внутрішніх розтягуючих напружень при наплавленні, призводить до втрати матеріалу корпусу втомленої міцності, в окремих випадках до 40%. Крім того, значне зростання зерна мікроструктури металу, як самого наплавленого шару, так і металу корпусу призводить до значного зниження втомленої міцності і пластичності матеріалу. Це в свою чергу веде до підвищення ймовірності крихкого руйнування корпусу під час роботи під впливом знакозмінних навантажень.

Відомі ряд методів поновлення працездатності корпусу шестеренного насосу типу НШ-У шляхом використання додаткових ремонтних деталей.

Спосіб гільзування полягає в наступному: внутрішню поверхню колодязів корпусу розточують, на токарному верстаті у спеціальному пристосуванні, під збільшений розмір, на знежирені поверхні гільз і корпусу наносять епоксидний клейовий склад і запресовують гільзу. Потім протягом 2 годин корпус висушується в сушильній шафі при температурі 180...2200С. Механічна обробка корпусу зводиться до обробки привалочної площини і розточування його колодязів під необхідний розмір.

До поновлення працездатності додатковими ремонтними деталями відноситься спосіб постановки вкладень з листового алюмінію на клеї БФ чи епоксидній композиції.

Цей спосіб включає в себе:

- розточення корпусу під збільшений розмір;
- розміщення вкладення з листового алюмінію в корпусі на клеї БФ чи на епоксидній композиції;
- сушіння корпусу з вкладеннями у спеціальній шафі при температурі 120⁰С на протязі 2 – 2,5 годин;
- розточення корпусу під ремонтний розмір.

Перевагами методу додаткових ремонтних деталей є простота поновлення працездатності зношених корпусів насосів та можливість їх повторного ремонту цим способом.

До недоліків цього методу слід віднести неспроможність працювати матеріалу корпусу та вкладення як одне ціле. Крім того між поверхнею колодязів корпусу та ремонтною вставкою знаходиться шар епоксидної композиції, який має різні коефіцієнти теплового розширення у порівнянні з матеріалом корпусу та гільзи. Наслідок – відшарування вставки та її викришування за рахунок того, що масло заходить під вставку, деформує її та притискає до шестерень. Карпович

Н. [72] відмічає, що особливо швидко виходять з ладу насоси з такими корпусами на машинах, які обладнані навантажувачами та на бульдозерах.

Найбільш близькими способами поновлення працездатності корпусу шестеренного насосу, що містять зміцнення і за технологічною суттю можна реалізувати при виготовленні є пластичне деформування.

Широке застосування знайшов спосіб поновлення працездатності корпусу обтисненням, що включає такі операції:

- нагрівання корпусу до температури 480...500 °С та витримки при цій температурі на протязі 30...40 хвилин;
- пластичне деформування в клиновому штампі з пуансонами, що обмежують течію металу;
- наступне нагрівання корпусу до температури 520...530 °С, витримка при цій температурі 20...30 хвилин і загартування у воді при температурі 50...75 °С;
- штучне старіння, що полягає у нагріванні корпусу до температури 170...180 °С, витримці при цій температурі на протязі 4 годин і охолодженні на повітрі;
- механічна обробка під необхідний розмір.

Крім способу відновлення обтисненням у Саратовському інституті механізації та електрифікації сільського господарства ім. М.І. Калініна розроблений спосіб поновлення працездатності корпусів насосів тиском.

Спосіб відрізняється від попереднього тим, що перед пластичним деформуванням у корпусу відрізається дно. Обтиснений корпус піддають: термічній, механічній та слюсарній обробкам.

Дно, після відрізання, оброблюється у наступній послідовності:

- видаляють заводську етикетку та зачищають поверхню спряжену з етикеткою;
- торцюють поверхню спряжену з корпусом;
- свердлять у дні вісім отворів під болти і фрезують пази під головки штифтів.

Потім дно ущільнюється гумовим кільцем і закріплюється на корпусі болтами.

Цим способом притаманні ряд переваг порівняно з вищенаведеними способами, зокрема наступні:

- зниження деформацій корпусу під час роботи гідронасоса;
- підвищення втомленої міцності, навіть в порівнянні з новим корпусом, який виготовляють з заготовок отриманих литтям;
- заліковуванням мікротріщин, що утворюються під час експлуатації корпусу шестеренного насосу;

- можливість управління внутрішніми напруженнями при циклічному режимі деформування.

Але й способам пластичного деформування притаманні ряд суттєвих недоліків:

- доволі низька якість поновлення працездатності;
- значні енергетичні та трудові витрати;
- зниження об'ємної подачі і коефіцієнту об'ємної подачі гідронасосу;
- доволі обмежена область застосування;
- низька продуктивність, та недостатня стійкість проти корозійного зносу.

Однією з основних причин зниження ресурсу нового та відновленого гідронасосу типу НШ-У є недостатня жорсткість його корпусу. Висока жорсткість корпусу сприяє покращенню умов роботи качаючого вузла насоса і підвищує його ресурс. Але ні один з розглянутих способів поновлення працездатності корпусу в повній мірі не вирішує цієї проблеми, крім методів відновлення пластичним деформуванням і то лише частково. У своїх дослідженнях Кудрявцев П.Р. підтверджує, що найбільшу жорсткість мають корпуси відновлені методом пластичного деформування навіть у порівнянні з новими. Згідно його досліджень деформації нового та обтисненого насоса у поясі верхніх втулок складають 100 мкм та 40 мкм відповідно, а деформації у поясі нижніх втулок для нового насоса 30 мкм та для відновленого обтисненням 25 мкм.

Втомлена міцність матеріалу безпосередньо залежить, як від макроструктури, так і від мікроструктури металу корпусу. Розглянуті способи відновлення корпусу шестеренного насоса не включають операцій, які б суттєво впливали на макроструктуру і мікроструктуру матеріалу корпусу. А звідси і недостатня якість поновлення працездатності та зниження об'ємної подачі і коефіцієнту об'ємної подачі насосу завдяки збільшенню деформацій корпусу, що веде до збільшення втрат робочої рідини.

Аналіз робіт по зміцненню та поновленню працездатності корпусів шестеренних насосів показує, що на теперішній час, не розроблено способу який би не мав недоліків вказаних вище. Тому нами був запропонований спосіб поновлення працездатності та зміцнення корпусів шестеренних насосів пластичним деформуванням, який може бути використаний з метою управління внутрішніми напруженнями.

Запропонований спосіб підвищення працездатності та довговічності корпусів шестеренних насосів при виготовленні, включає:

1. нагрівання корпусу гідронасоса до температури 773 К (500 0С);

2. деформування у клиновому штампі з пуансоном для обмеження течії металу;
3. охолодження корпусу до температури не нижче 593 К (320 °C);
4. 5 кратне повторення пп. 1, 2, 3;
5. розточення корпусу під необхідний розмір.

Запропонований спосіб відновлення корпусів насосів, на нашу думку, сприятиме підвищенню зносостійкості, механічних характеристик матеріалу, жорсткості та стійкості проти кавітаційної дії.

Температурно-деформаційні впливи на матеріал при використанні запропонованого способу управління внутрішніми напруженнями сприяють подрібненню зерна мікроструктури. Це відбувається завдяки ефекту термоциклювання, а саме різниці коефіцієнтів лінійного розширення надлишкових фаз у сплаві. Крім того, деформаційні впливи на матеріал корпусу підвищують щільність дислокацій та створюють текстуровану структуру. Зерна мікроструктури у матеріалі корпусу, підлеглого деформаційній обробці, розташовуються у напрямку, який є оптимальним для сприйняття навантажень при роботі насосу. Це пояснюється радіальним напрямком поширення деформації під час деформування.

2.6 Модель геометричної форми корпусу

Конфігурація корпусу є тривимірною: містить бічні отвори, нерегулярні зміни товщини стінок та інш. Оскільки в теоретичних розрахунках при дослідженні процесу управління внутрішніми напруженнями необхідно з'ясувати основні закономірності і визначити границі зміни параметрів, то доцільно використати наближені схеми геометричної форми, тобто побудувати модель геометричної форми корпусу.

З цієї точки зору корпус насосу можна наближено прийняти за циліндричне тіло складного поперечного перерізу, номінальна конфігурація якого показана на рис. 2.3. Для опису температурного і напружено-деформованого стану (НДС) такого тіла введемо прямокутну декартову систему координат OXYZ. При цьому переріз тіла розташовується у площині XOY. Крім цього, для зручності опису геометрії тіла введемо і циліндричну систему координат (r, φ, z). Тоді переріз корпусу у площині XOY буде характеризуватися двома системами полярних координат r_1 O₁ φ та r_2 O₂ φ з початками в точках O₁ і O₂.

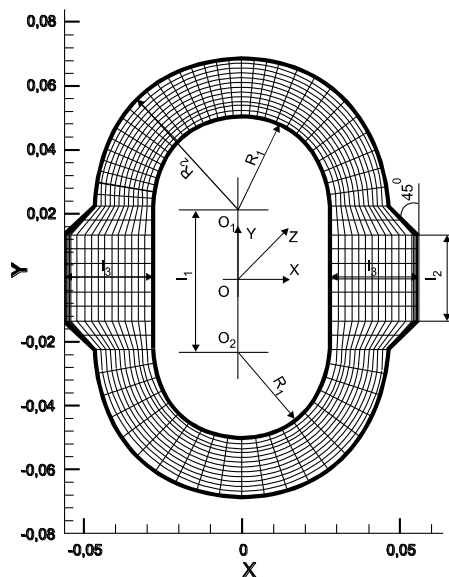


Рисунок 2.3 - Номінальна конфігурація корпусу насоса типу НШ-32У

2.7 Моделювання процесу управління внутрішніми напруженнями в корпусі

Щоб зрозуміти характер зміцнення, які якісні показники буде мати матеріал після запрограмованого формування в корпусі внутрішніх напружень необхідно знати його НДС.

Корпус насосу рівномірно нагрівається до температури 773 К...753 К (500...480 °С). У колодязні отвори вставляється з фіксованим зазором δ жорсткий пуансон. Потім корпус піддається поперечному деформуванню в жорсткій матриці з постійною швидкістю V_0 . При деформуванні торцеві поверхні корпусу обмежені жорсткими плитами. У процесі деформування температура знижується до 713 К (480 °С). Після того, як за рахунок пластичної течії матеріалу, внутрішня поверхня корпусу увійде в повний контакт із пуансоном, зовнішнє навантаження знімається, а пуансон випресовується з отвору. На кінцевій стадії корпус охолоджується до кімнатної температури без механічного впливу.

Використаємо модель Боднера-Партома в даній роботі для пояснення процесу зміцнення корпусу так-як вона найбільш адекватно враховує процеси повзучості і пластичності.

Нехай тіло займає область V , що обмежена поверхнею S . Матеріал тіла припускається початково однорідним і ізотропним. Введемо прямокутну декартову систему координат (X_1, X_2, X_3) .

Математична модель термомеханічного стану корпусу включає крайову задачу теплопровідності і квазистатичної рівноваги.

Крайова задача теплопровідності складеться з рівняння балансу енергії, тобто рівняння теплопровідності:

$$C_v \dot{\Theta} = (k \Theta, i), i + Q, \quad (2.1)$$

При цьому граничні і початкові умови запишуться у вигляді ($t=0$):

$$-k\Theta, in_i = \gamma(\Theta - \Theta_c); \quad (2.2)$$

$$\Theta = \Theta_0, \quad (2.3)$$

«де Θ - температура; Θ_0 - початкова температура корпусу, $\Theta, i = \frac{\partial \Theta}{\partial X_i}$,

$\dot{\Theta} = \frac{\partial \Theta}{\partial t}$; Θ_c - температура навколишнього середовища; Q - потужність джерел тепла, C_v - об'ємна теплоємність, k - коефіцієнт теплопровідності, γ - коефіцієнт тепловіддачі, n_i - компоненти зовнішньої нормалі до поверхні S » [5].

Задача механіки включає:

рівняння рівноваги:

$$\sigma_{ij,j} + F_i = 0; \quad i=1,2,3. \quad (2.4)$$

кінематичні рівняння для деформацій:

$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{2}(U_{i,j} + U_{j,i}); \quad (2.5)$$

співвідношення закону Гука:

$$S_{ij} = 2G(e_{ij} - \epsilon_{ij}^P), \quad \sigma_{KK} = 3K_V x \quad (2.6)$$

$$x(\epsilon_{KK} - 3\alpha\Delta\Theta),$$

де S_{ij} і e_{ij} - девіатори тензорів напружень σ_{ij} і деформацій ϵ_{ij}

$$S_{ij} = \sigma_{ij} - \frac{1}{3}\sigma_{KK}\delta_{ij}, \quad e_{ij} = \epsilon_{ij} - \frac{1}{3}\epsilon_{KK}\delta_{ij}, \quad (2.7)$$

ϵ_{ij}^P - компоненти тензора непружних деформацій; G і K_V - модулі зсуву та об'єму; α - коефіцієнт лінійного теплового розширення; $\Delta\Theta = \Theta - \Theta_r$, Θ - температура природного (ненапруженого стану).

У рівняннях (2.7) δ_{ij} - символ Кронекера ($\delta_{ij}=1, i=j; \delta_{ij}=0, i \neq j$)

$$\sigma_{KK} = \sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}, \quad \epsilon_{KK} = \epsilon_{11} + \epsilon_{22} + \epsilon_{33}, \quad (2.8)$$

Тензор непружних деформацій ϵ_{ij}^P визначається в рамках моделі Боднера-Партома, при використанні наступних рівнянь і умов:

- закон течії типу Прандтля-Рейсса з умовою пластичної нестискуваності $\dot{\epsilon}_{KK}^P = 0$:

$$\dot{\epsilon}_{ij}^P = \lambda S_{ij}, \quad (2.9)$$

- кінетичне рівняння:

$$D_2^P = D_o^2 \exp \left\{ - \left[\frac{(K + D)^2}{3J_2} \right]^n \right\}, \quad (2.10)$$

де K і D - параметри ізотропного і кінематичного зміцнення;

$$D_2^p = \frac{1}{2} \dot{\epsilon}_{ij}^p \dot{\epsilon}_{ij}^p, \quad J_2 = \frac{1}{2} S_{ij} S_{ij}, \quad \lambda^2 = \frac{D_2^p}{J_2};$$

- еволюційні рівняння для внутрішніх змінних, що описують:

а) ізотропне зміцнення:

$$\dot{K} = m_1 (K_1 - K) \dot{W}_p - A_K K_1 \left[\frac{(K - K_2)}{K_1} \right], \quad (2.11)$$

$$K(O) = K_0;$$

б) анізотропне зміцнення:

$$\dot{\beta}_{ij} = m_2 (D_1 U_{ij} - \beta_{ij}) \dot{W}_p - A_D K_1 \left[(\beta_{kl} \beta_{kl})^{1/2} \right]^p V_{ij}, \quad \beta_{ij} = 0 \quad (2.12)$$

де:

$$\dot{W}_p = S_{ij} \dot{\epsilon}_{ij}^p, \quad U_{ij} = \frac{S_{ij}}{(S_{kl} S_{kl})^{1/2}}, \quad V_{ij} = \frac{\beta_{ij}}{(\beta_{kl} \beta_{kl})^{1/2}}, \quad D = \beta_{ij} U_{ij};$$

відповідно $D_0, D_1, K_0, K_1, K_2, m_1, m_2, A_K, A_D, r_K, r_D, n$ - параметри моделі, механічна інтерпретація і методика експериментального визначення яких викладені в наукових роботах.

2.8 Співвідношення для деформованого стану

НДС корпусу на основі прийнятої геометричної моделі доцільно розглядати в двовимірній постановці задачі. Але перехід від загальної тривимірної постановки до двовимірної необхідно обґрунтувати використанням деяких додаткових спрощуючих гіпотез. У запропонованому способі такі гіпотези природним чином впливають із специфіки технологічного процесу.

Дійсно, на першій стадії процесу деформування - переміщення матеріалу в поздовжньому напрямку, що співпадає з віссю OZ (рис. 2.3) обмежені жорсткими плитами і зневажливо малі в порівнянні з радіальними. Таким чином зусилля деформування діють у площинах паралельних XOY і неістотно змінюються у осьовому напрямку, тобто реалізується плоско-деформований стан.

Рівняння для такого стану одержуємо, вважаючи в (2.1) - (2.12):

$$\epsilon_{zz} = \epsilon_{zx} = \epsilon_{zy} = 0, \quad (X_1, X_2, X_3) = (X, Y, Z), \quad (2.13)$$

а також вважаючи всі польові величини і функції зовнішніх впливів Q і F_i функціями тільки координат X, Y і часу t .

Підставляючи (2.13) у рівняння (2.6) і виключаючи компоненту σ_{zz} , одержуємо систему рівнянь термов'язкопластичності для плоско-деформованого стану. Вона включає:

- рівняння теплопровідності (при $Q=0$)

$$C_V \dot{\Theta} = (k\Theta_{,X})_{,X} + (k\Theta_{,Y})_{,Y}; \quad (2.14)$$

- рівняння рівноваги при ($F_X = F_Y = 0$)

$$\sigma_{XX,X} + \sigma_{XY,Y} = 0,$$

$$\sigma_{YX,X} + \sigma_{YY,Y} = 0; \quad (2.15)$$

- рівняння закону Гука

$$\begin{aligned} \sigma_{XX} &= 2G \left[\epsilon_{XX} - \epsilon_{XX}^P + \frac{\nu}{1-2\nu} (\epsilon_{XX} + \epsilon_{YY}) - \frac{1+\nu}{1-2\nu} \alpha \Delta \Theta \right] \\ \sigma_{YY} &= 2G \left[\epsilon_{YY} - \epsilon_{YY}^P + \frac{\nu}{1-2\nu} (\epsilon_{XX} + \epsilon_{YY}) - \frac{1+\nu}{1-2\nu} \alpha \Delta \Theta \right] \\ \sigma_{XY} &= 2G (\epsilon_{XY} - \epsilon_{XY}^P), \\ \sigma_{ZZ} &= 2G \left[\epsilon_{XX}^P + \epsilon_{YY}^P + \frac{\nu}{1-2\nu} (\epsilon_{XX} + \epsilon_{YY}) - \frac{1+\nu}{1-2\nu} \alpha \Delta \Theta \right] = \\ &= \nu (\sigma_{XX} + \sigma_{YY}) + 2G(1+\nu) (\epsilon_{XX}^P + \epsilon_{YY}^P - \alpha \Delta \Theta). \end{aligned} \quad (2.16)$$

2.9 Співвідношення для напруженого стану

На другій стадії процесу поверхня тіла, включаючи торці, звільняється від навантаження. Тому нормальні і дотичні напруження, що діють у площинах, паралельних торцям, будуть незначні. Отже, у тілі на стадії вільного охолодження також реалізується плоско-напружений (у площині $X O Y$) стан.

Рівняння для такого стану одержуємо, вважаючи в (2.1) - (2.16)

$$\sigma_{ZZ} = \sigma_{ZX} = \sigma_{ZY} = 0 \quad (2.17)$$

Підставляючи (2.17) у рівняння (2.6) і виключаючи компоненту ϵ_{ZZ} , одержуємо систему рівнянь плоского напруженого стану. Для тіла постійної товщини h ця система включає:

- рівняння теплопровідності

$$C_V \dot{\Theta} = (k\Theta_{,X})_{,X} + (k\Theta_{,Y})_{,Y} - \frac{2\gamma}{h} (\Theta - \Theta_c), \quad (2.18)$$

- рівняння закону Гука

$$\begin{aligned} \sigma_{XX} &= \frac{2G}{1-\nu} [\epsilon_{XX} - \epsilon_{XX}^P + \nu (\epsilon_{YY} - \epsilon_{YY}^P) - (1+\nu) \alpha \Delta \Theta], \\ \sigma_{YY} &= \frac{2G}{1-\nu} [\nu (\epsilon_{XX} - \epsilon_{XX}^P) + \epsilon_{YY} - \epsilon_{YY}^P - (1+\nu) \alpha \Delta \Theta], \\ \sigma_{XY} &= 2G (\epsilon_{XY} - \epsilon_{XY}^P), \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\epsilon_{ZZ} = -\frac{1}{1-\nu} [(1-2\nu) (\epsilon_{XX}^P + \epsilon_{YY}^P) + \nu (\epsilon_{XX} + \epsilon_{YY}) - (1+\nu) \alpha \Delta \Theta],$$

Позначим через $\delta(\vec{x})$ величину зазору між точкою $\vec{x}$ на L_i та пуансоном у напрямку зовнішньої нормалі до L_i . Точка контуру вважається такою, що не знаходиться в контакті і приналежна L_{if} , якщо:

$$U_n(\vec{x}) < \delta(\vec{x}).$$

Якщо точка $\vec{x}$ досягла пуансона, тобто виконана умова $-U_n(\vec{x}) = \delta(\vec{x})$, то вона вже належить L_{if} .

Елементи поверхні L_{if} вважаються вільними від навантажень:

$$\sigma_n = 0, \quad \sigma_\tau = 0, \quad -U_n(\vec{x}) < \delta(\vec{x}) \quad (2.20)$$

а точки на L_{ic} знаходяться в умовах ідеального механічного контакту з точками пуансона

$$U_n = -\delta(\vec{x}), \quad U_\tau = \psi(\vec{x}) \quad (2.21)$$

Тут $\psi(\vec{x})$ - значення дотичного переміщення U_τ в момент входження точки на L_i в контакт із пуансоном.

При досить тривалому деформуванні настає момент часу t_c , при якому всі точки внутрішньої поверхні тіла входять у контакт із пуансоном тобто при $t \geq t_c$ $L_{ic} = L_i$. Тому з практичних міркувань необхідно вибирати $t_r \geq t_c$.

Перша стадія процесу розглядається в рамках плоского деформованого стану. Після досягнення повного контакту (деформування) настає друга стадія.

Вона починається з того, що в момент $t_{un} \geq t_c$ поверхня тіла розвантажується і подальша зміна його термомеханічного стану обумовлюється тільки зміною температури при остиганні.

При цьому його внутрішня і зовнішня поверхні вважаються вільними від навантаження (на L_i і L_e).

$$\sigma_n = 0, \quad \sigma_\tau = 0 \quad (2.22)$$

Розвантаження торців корпусу і гіпотеза про малість осьових і дотичних у площині $X O Y$ напружень є обґрунтуванням можливості моделювання другої стадії процесу в рамках задачі про плоский напружений стан.

2.10 Розв'язання задачі термомеханіки методом кінцевих елементів

Крайова задача термомеханіки вирішується методом кінцевих елементів.

Використаємо цей метод для розв'язання задачі, поставленої в даній роботі.

Розглянемо залежності в часі таких механічних характеристик: напруження - σ_{π} , $\sigma_{\phi\phi}$, пластичних деформацій ε_{π}^P , $\varepsilon_{\phi\phi}^P$.

Зміна температури в часі описується аналітичною залежністю:

$$\Theta = \begin{cases} 500-8t & 0 < t < t_c \\ 20 & t > t_c \end{cases}$$

Для швидкості і часу радіального деформування приймається:

$$U_n = 0,188 \cdot 10^{-3} \cdot t \text{ м.}$$

У відповідності з характером навантаження в поведінці компонент НДС можна виділити три стадії. На першій з них - деформуванні - відбувається швидка зміна всіх величин.

Компонента нормального напруження σ_{rr} при $t < t_{CF}$ дорівнює 0, за умови вільної границі. При $t = t_{CF}$, точка F входить у контакт із пуансоном, після чого σ_{rr} відображає контактний тиск, який різко зростає. Це зростання здійснюється за лінійним законом аж до моменту t_C - досягнення повного контакту. Після розвантаження при $t > t_C$ знову відновлюється умова вільної границі.

Крім того, в момент зняття навантаження має місце ефект пружного розвантаження, в результаті чого зникає пружна складової деформації. Потім відбувається еволюція залишкового переміщення, обумовлена остиганням корпусу.

Побудову графічних залежностей кінетики розподілу механічних величин виконували у програмному середовищі SolidWorks.

Кінетика розподілу пластичних деформацій ϵ_{rr}^P і $\epsilon_{\varphi\varphi}^P$ в перерізі FF₁ наведена на рис. 2.4.

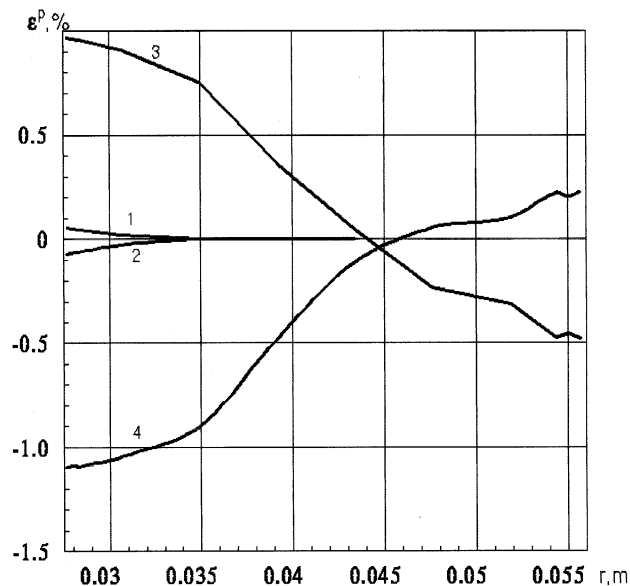


Рисунок 2.4 - Кінетика розподілу пластичних деформацій ϵ_{rr}^P і $\epsilon_{\varphi\varphi}^P$ в перерізі FF₁

1, 2 - $\epsilon_{rr}^P(r)$, $\epsilon_{\varphi\varphi}^P(r)$ при $t=2$ с; 3, 4 - $\epsilon_{rr}^P(r)$, $\epsilon_{\varphi\varphi}^P(r)$ при $t=5,6$ с.

Криві 1 та 2 відповідають розподілу ϵ_{rr}^P та $\epsilon_{\varphi\varphi}^P$ в момент $t=2$ с, 3 та 4 – $t=5,6$ с. Останні дві криві відповідають залишковим розподілам. У момент $t=2$ с пластичне деформування тільки починається, а при $t=5,6$ с компоненти досягають на внутрішній поверхні максимальних значень: ϵ_{rr}^P - розтягуючих, а $\epsilon_{\varphi\varphi}^P$ -

стискаючих. Помітно менші значення пластичних деформацій, але з протилежним знаком, мають місце на зовнішній поверхні корпусу.

Аналогічні результати для тонкого перерізу $D D_1$ показані на рис. 2.5. Тут колові компоненти (криві 2 і 4) цілком негативні, а радіальні компоненти (криві 1 і 3) - позитивні.

Криві 1 і 2 (рис. 2.6) відповідають σ_{rr} і $\sigma_{\varphi\varphi}$ в момент $t=4$ с, криві 3 і 4 відповідають цим компонентам у момент повного контакту, а 5 і 6 - залишковим розподілам. Крива 1 відображає наявність часткового контакту внутрішньої поверхні з пуансоном. У областях контакту $\sigma_{rr} = 0$.

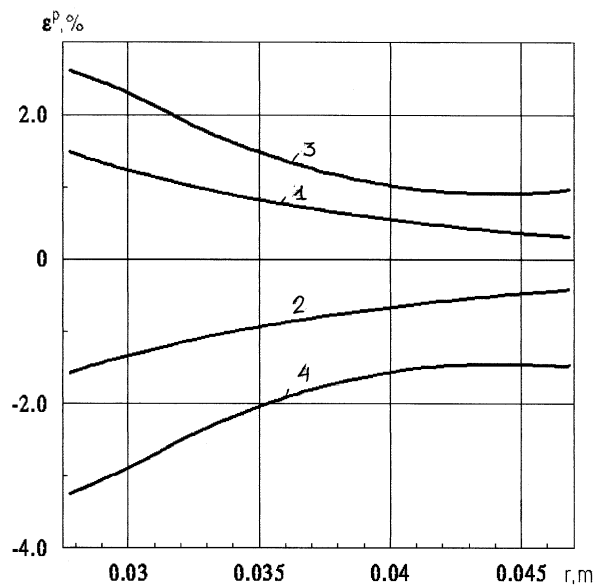


Рисунок 2.5 - Кінетика розподілу пластичних деформацій ϵ_{rr}^P і $\epsilon_{\varphi\varphi}^P$ для тонкого перерізу DD_1

1, 2 - $\epsilon_{rr}^P(r)$, $\epsilon_{\varphi\varphi}^P(r)$ при $t=2$ с; 3, 4 - $\epsilon_{rr}^P(r)$, $\epsilon_{\varphi\varphi}^P(r)$ при $t=5,6$ с.

Для інтерпретації кривих 1 і 2 на осі абсцис показані характерні точки внутрішнього контуру. Видно, що контакт настає спочатку на ділянках А В, С D і Р А, що відповідають тонкостінним частинам корпусу.

Відсутність контакту на ділянці D E обумовлено конструктивними параметрами та формою корпусу. Контакт відсутній також на ділянках В С і Е Р, що відповідають товстостінним, і, отже більш жорстким, частинам корпусу.

Розподіли 3 і 4 показують, що в момент повного контакту значення обох компонент приблизно однакові, причому рівень напружень тим вище, чим раніше точки корпусу вступили в контакт із пуансоном.

У розподілі залишкових напружень радіальна компонента мала. Колові напруження є розтягуючими на товстостінних ділянках В С, Е Р, і стискаючими на тонкостінних ділянках А В, С D і Р А.

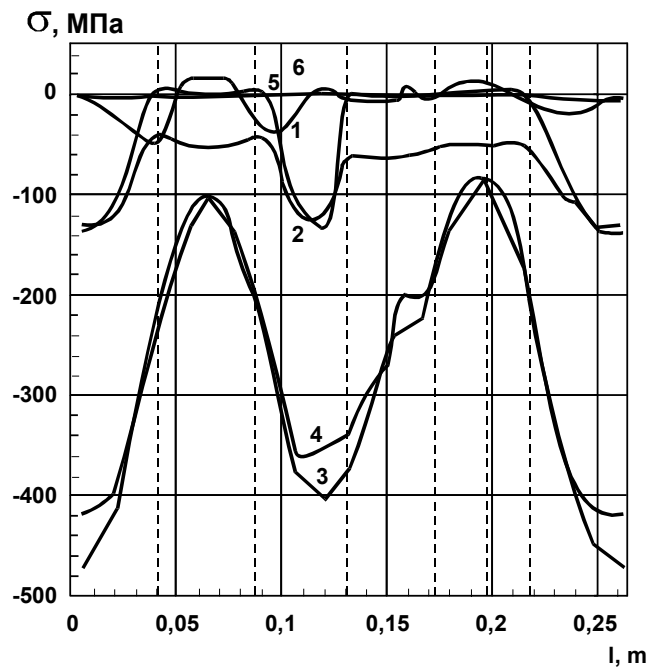


Рисунок 2.6 - Кінетика розподілів компонент напружень $\sigma_{\text{гг}}$ і $\sigma_{\text{фф}}$ на внутрішній поверхні корпусу

Наведені розв'язки дозволяють оцінити НДС корпусу в процесі формування внутрішніх напружень. Крім того за пропонованими аналітичними залежностями можна визначити раціональні параметри управління внутрішніми напруженнями корпусу шестеренного насосу.

2.11 Визначення деформацій корпусу

Для дослідження величин деформацій корпусу був прийнятий тензометричний метод. Деформації корпусів під дією гідравлічних сил заміряли у 5 партій насосів з корпусами, що пройшли кероване формування внутрішніх напружень, обтисненими та заводськими.

Місця встановлення тензодатчиків на корпусах насосів (рис. 2.7а) ретельно зачищалися наждачним папером “00” до 7 класу чистоти. Потім зачищені місця знежирювались ацетоном і спиртом до тих пір поки змочена вата не стане чистою при протиранні поверхні.

На розмічені поверхні корпуса і тензодатчики дерев'яною лопаткою наносили тонким шаром клей БФ-2. Після підсихання на протязі 2...3 хвилин, при температурі повітря 293..295 К (20...22 °С), датчик встановлювали на корпус насоса пінцетом і притискували до нього гумовим валиком через папір з метою видалення з під датчика надлишків клею та повітря.

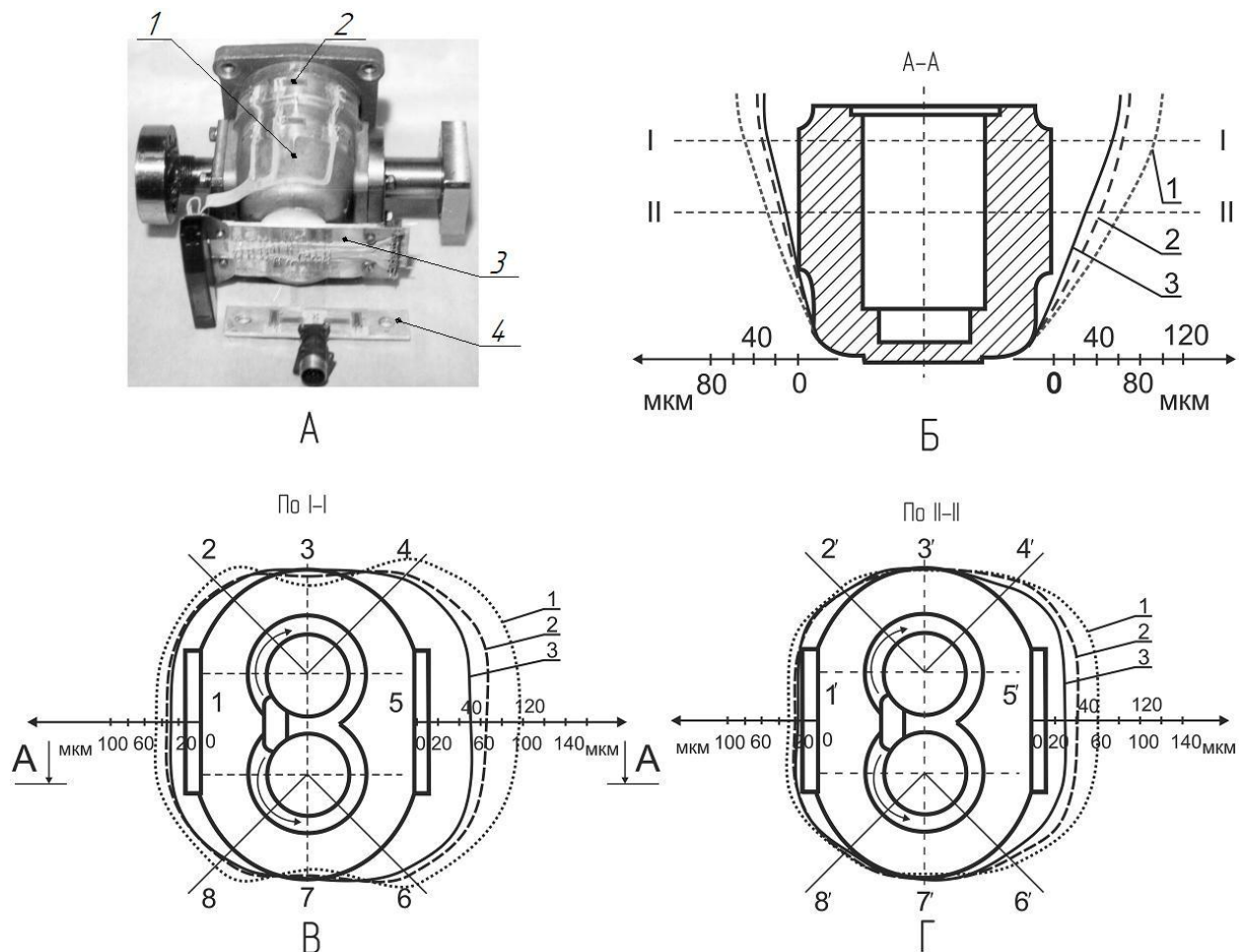


Рисунок 2.7 - Насос з наклеєними тензодатчиками (А) та розподіл деформацій корпусу по висоті (Б) і по периметру (В, Г):

для поз. А (1-корпус; 2-тензодатчик; 3, 4-компенсаційна і тарувальна пластини),

для поз. Б-Г (1-заводський корпус; 2-обтиснений; 3-зміцнений ДТО).

Визначення деформацій у корпусів насосів проводили за зміною їх опорів згідно тарувального графіку.

В результаті будували графічні залежності розподілу деформацій насосів (рис. 2.7 б, в, г).

Аналіз діаграм (рис. 2.7 б, в, г) показує, що по периметру деформації корпусу із сформованим полем напружень помітно менші у порівнянні з заводським та обробленим обтисненням.

Результати тензометричних досліджень наведено в таблиці 2.1.

Тим самим зміцнення корпусів насосів шляхом управління внутрішніми напруженнями вирішує проблему підвищення жорсткості всієї конструкції насоса. Це сприяє покращенню умов роботи у спряженнях насосу, підвищує його технічні характеристики, зокрема працездатність і як наслідок довговічність шестеренного насоса в цілому.

Таблиця 2.1 - Величини пружних деформацій стінок корпусу насоса при тиску 17,5 МПа.

Відомості про корпус	Пояс заміру у	Точки заміру деформацій та їх значення, мкм							
		1 (1')	2 (2')	3 (3')	4 (4')	5 (5')	6 (6')	7 (7')	8 (8')
Заводський корпус	I - I II - II	+45 (+25)	+20 (+10)	-15 (0)	+50 (+20)	+95,5 (+60)	+55 (+25, 5)	-10 (-5)	+25 (+10)
Обтиснений корпус	I - I II - II	+35 (+17, 5)	+15 (+5)	-5 (0)	+35,5 (+20)	+65 (+40)	+40 (+20)	-6 (0)	+17,5 (+10)
Корпус із сформованим полем напружень	I - I II - II	+30 (+10)	+10 (+5)	-2 (0)	+30 (+15, 5)	+55,5 (+30)	+30 (+15, 5)	-4 (0)	+15 (+7,5)

2.12 Визначення твердості матеріалу

Вимірювання твердості проводили на твердомірі 2109ТБ по методу Бринеля, кулькою діаметром 10 мм при навантаженні 500 кг та витримці 20 с.

Для аналізу твердості отримали зразки із сплаву АЛ-9 шляхом лиття №4, проведення термічного опрацювання по заводській технології №3 та після деформаційних впливів №2 і формування внутрішніх напружень №1. Найбільшу твердість мають зразки, які пройшли термомеханічні та деформаційні впливи, найменшу – ті, що отримані після лиття та опрацьовані по заводській технології. Зразки №4 та №3 мають твердість 54 та 82 НВ. Зразки №2, №1 – 89...92 та 95...102 НВ відповідно (рис. 2.8).

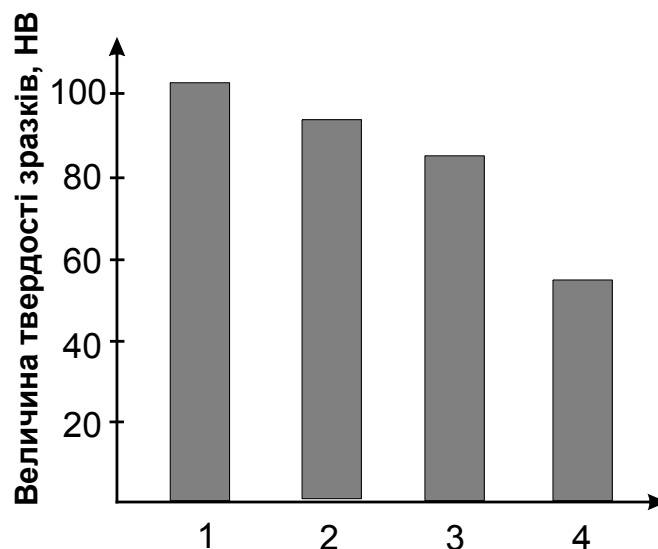


Рисунок 2.8 - Залежність рівня твердості зразків від параметрів зміцнення

1 - зразок, який зміцнено формуванням напружень; 2 - зразок, що пройшов деформаційну обробку; 3 - зразок з заводського корпусу насоса; 4 – зразок, що отриманий після лиття.

2.13 Випробування на зношування

Випробування на зношування проводилися на машині тертя МИ – 1М.

Ролики діаметром 40 мм були вирізані зі сталі 18ХГТ, з якої виготовляються шестерні гідронасосів типу НШ. Їх обробляли згідно стандартних методик. Колодки виготовляли з алюмінієвого сплаву АЛ-9, які були оброблені згідно вибраних для порівняння технологічних маршрутів.

При випробуваннях використовували масло типу М – 10В₂ (ГОСТ 8581 – 78) як масло, що найбільш частіше використовується у гідравлічних системах. У якості абразиву використовували оксид кремнію (SiO₂), який приготовано згідно способу НАТИ, з метою випробувань повітроочисників і самих різних прискорених випробувань. Виготовляється він з піску, розмеленого і просіяного через сито з отворами 40 мкм.

У результаті проведених досліджень отримано величини зносу вал – колодка за весь час випробувань, які показано у графічній залежності (рис. 2.9, 2.10). На рис. 2.9 наведено характер зміни величини середнього зносу у залежності від термічної та термомеханічної обробки зразка.

З графіку 2.9 видно, що зразки мають незначні величини зносів у залежності від режимів термічних та термомеханічних обробок. Зразки № 1,3 мають найменшу величину зносу. Зразки: № 1 піддавали термомеханічній обробці, № 2 – зразок з заводського корпусу насоса, № 3 – зразок піддавали деформаційній обробці, № 4 – зразок без проведення термічної обробки.

Період припрацювання характеризується найбільшою інтенсивністю зношування складає 7 – 40 хвилин для зразків без термомеханічної обробки. Знос зразка корпусу насоса за період припрацювання склав 0,00038 – 0,00095 г/хв, що складає 88,1% зносу за період проведення випробувань. Далі крива зносу переходить практично у пряму лінію – у область встановившогося зносу і має незначне підіймання зі збільшенням часу випробувань. Це характеризує режим нормальної експлуатації гідронасосів до досягнення граничного стану.

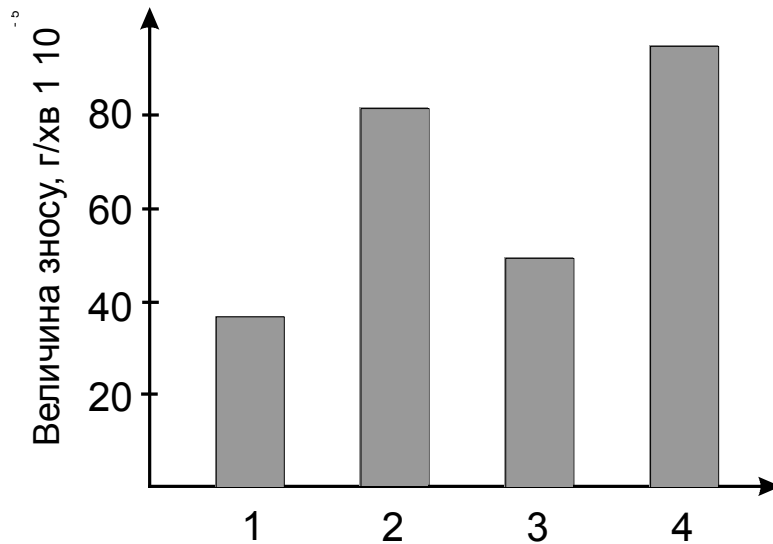


Рисунок 2.9 - Характер зміни середнього значення зносу у залежності від властивостей сплаву та його обробки

- 1, 3 – зразки, що піддавались термомеханічній та деформаційним обробкам;
- 2 – зразок заводського корпусу гідронасоса;
- 4 – зразок, що не піддавався термічній обробці.

Зразки № 1, 3 було піддано термомеханічній та деформаційній обробкам мають найменший знос у порівнянні з заводським. Період припрацювання цих зразків не перевищує 15 – 22 хв.

Знос зразків за період припрацювання склав 0,00035 – 0,00044 г/хв – має 94,8% зносу за період випробувань.

Це свідчить про доцільність застосування режимів термомеханічної обробки при відновленні корпусів насосів типу НШ – У за технологією, що пропонується.

На рис. 2.10 приведено зміну величини зносу у період притирання по відношенню до періоду встановившогося зносу.

З графіку видно, що знос пари тертя у період встановившогося зносу буде зменшуватися у 18, 15, 9 і 7 разів для зразків № 1, 2, 3 і 4 відповідно, що впливає на зміну строку експлуатації насосів.

При незначній величині твердості (<55 НВ) розбіжність значень зносу складає 300% від загальної величини, а більш вузька розбіжність при твердості 85 – 100 НВ.

Це пояснюється тим, що перший зразок даної категорії має найбільшу схильність до утворення задирів і натирів. На поверхні спряження відбувається розм'якшення і викришування, а саме руйнування поверхні тертя. При твердості більше 90 НВ розбіжність величини зносу не перевищує 1%. Це підтверджує той факт, що для даного сплаву при виробництві корпусів насосів типу НШ – У, величина твердості, яка дорівнює 80 – 100 НВ являється оптимальною і забезпечує найменший знос пар тертя.

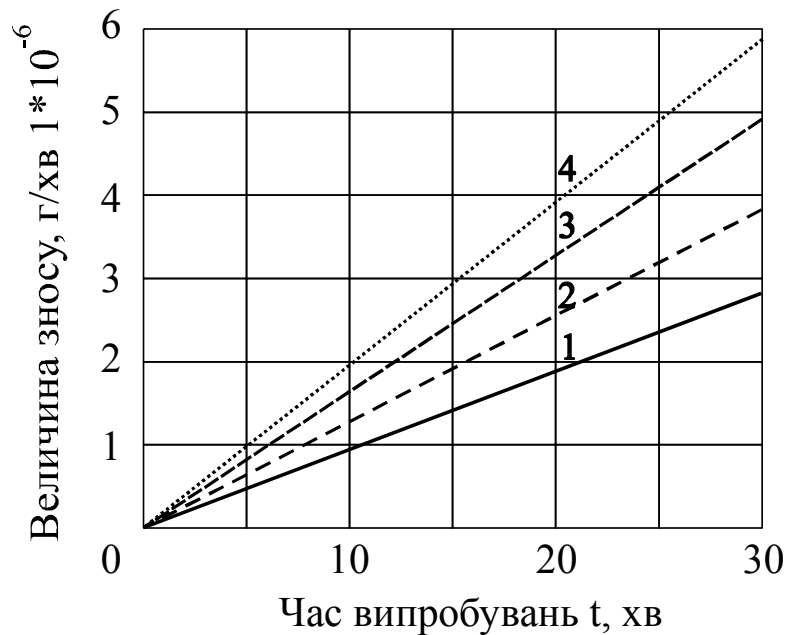


Рисунок 2.10 - Крива зносу зразків у області припрацювання

2.14 Визначення механічних характеристик матеріалу

Випробування по визначенню механічних характеристик матеріалу проводилися на спеціально виготовлених зразках рис. 2.11 згідно рекомендацій [109].

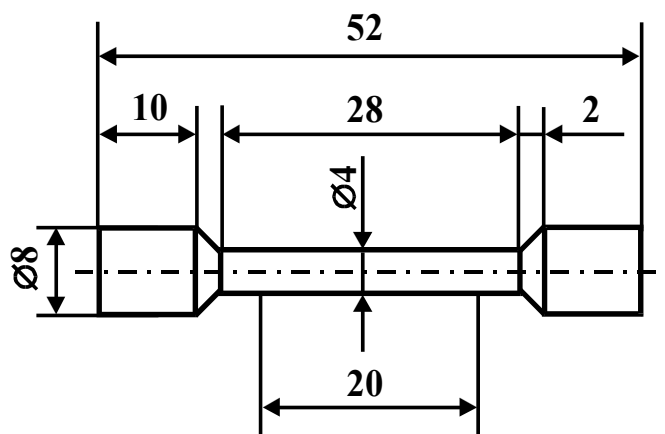


Рисунок 2.11 - Основні розміри зразків для випробувань на розтяг

Границя міцності та текучості, відносне видовження при розтягуванні визначались на розривній машині Р – 100.

Жорсткість корпусу при роботі насоса у значній мірі впливає на його працездатність. Недостатня жорсткість призводить до зниження експлуатаційних показників при роботі гідронасоса. Жорсткість корпусу визначається конструктивними параметрами – формою, а також механічними характеристиками матеріалу. Тому, з метою підвищення жорсткості необхідно покращити механічні характеристики матеріалу – зміцнити його.

З цією метою нами були проведені випробування зразків на розтяг, які були вирізані з заводського корпусу насоса, зміцненого деформаційною обробкою та з корпусу, в якому виконували формування напружень. Результати випробувань наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Результати визначення механічних характеристик матеріалу

Механічні характеристики матеріалу	Корпус серійного насоса	Корпус, зміцнений обтисненням	Корпус, із сформованим полем напружень
Границя міцності матеріалу корпусу, МПа	200	220	250
Границя текучості матеріалу корпусу, МПа	110	170	215
Відносне видовження, %	4,5	6,8	8,5

Випробування на розтяг показали, що зразки зміцнені пропонуємим способом мають вищі механічні характеристики у порівнянні із зразками серійного корпусу насоса та обтисненими. Це підтверджується мікроструктурними та рентгенографічними дослідженнями.

2.15 Висновки

1. Аналіз науково-технічної літератури та виробничого досвіду показав, що існуючий рівень працездатності корпусу лімітує ресурс всього насоса і це пов'язано з його недостатньою жорсткістю і міцністю. Підвищити жорсткість і міцність корпусу можна шляхом формування в ньому внутрішніх залишкових напружень. Відомі методи підвищення жорсткості і міцності не враховують можливості управління внутрішніми напруженнями, а це є резервом для підвищення довговічності.

2. На основі задачі теплопровідності і квазістатичної рівноваги побудована модель термомеханічного стану корпусу при його зміцненні, яка дозволяє обчислити величину та знак внутрішніх залишкових напружень.

3. На основі результатів аналітичних і експериментальних досліджень встановлено взаємозв'язок між параметрами управляючого впливу та напружено-деформованим станом корпусів з алюмінієвих сплавів.

4. Обробка матеріалу корпусу запропонованим способом дозволяє у 1,2...1,4 рази підвищити твердість, у 1,2...1,5 рази підвищити зносостійкість та

границі міцності і текучості матеріалу корпусу у 1,5...1,75 рази у порівнянні з відповідними показниками заводської технології.

5. Тензометричними дослідженнями виявлено зменшення у 1,5...1,7 рази величини деформацій корпусу, при роботі насоса, зміцненого пропонованим способом у порівнянні з новим.

6. Дослідження, проведені в даній роботі, дають змогу розробити технологічні рекомендації для відновлення корпусів шестеренних насосів способом деформаційно-термічної обробки, що дає змогу підвищити їх працездатність і довговічність.

РОЗДІЛ 3

3.1 Технологічний процес дефектації корпусу масляного насоса

Дефектування – технологічний процес характерний тільки для ремонтного виробництва і призначене для визначення технічного стану деталей, котрі надходять до ремонту, з метою визначення можливості їх повторного використання, зразу після дефектування, або після відновлення.

Технічний стан деталей визначають на спеціальному робочому місці дефектувальника, обладнаному спеціальними засобами та вимірювальним інструментом. В умовах ремонтних підприємств при зрівнянні невеликих програмах ремонту використовують як спеціальний так і універсальний вимірювальний інструмент.

Технічний процес дефектування корпусу масляного насоса наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Технологічний процес дефектування деталі

Найменування операції	Метод дефектування та інструмент	Розміри, мм			Висновок
		Номінальний	Допустимий у спряженні з новими деталями	Допустимий для ремонту	
1. Тріщини і зломи корпусу	Візуальний огляд, постукування	-	-	-	Брак
2. Знос колодязів по діаметру	Нутромір НН-50-100 ГОСТ868-82, індикатор НЧ 02 кл. 1 ГОСТ 577-88	$55^{+0,02}_{-0,01}$	$55,1^{+0,02}$	$55,4^{+0,02}$	Ремонт

3. Знос і зрив різьби	Візуальний огляд, різьбовий калібр-пробка	Знос і зрив недопус-кається	-	Допуска-ється знос зрив 1...2 витків	Ремонт
4.Неплощинність, короблення і знос привалочної площини	Повірочна плита, набір щупів №1.	0,05	0,1	0,15	Ремонт

3.2 Характеристика дефектів, складання технологічних маршрутів відновлення корпусу

Аналізуючи дефекти корпусу на сучасному рівні розвитку ремонтного виробництва відновлювані, тобто при будь-якому сполученні дефектів деталь є ремонтно-придатною. Найбільш розповсюдженим дефектом є знос колодязів корпусу по діаметру. Деяка менша кількість корпусів надходять до ремонту зі зносом і зривом різьби та пошкодженнями привалочної площини. В таблиці 3.2 наведена частість зустрічаємості тих чи інших дефектів корпусу

Таблиця 3.2 Частість зустрічаємості дефектів корпусів

Найменування дефекту	Частота зустрічаємості	Придатність до ремонту, %
1. Тріщини і зломи корпусу.	0,03	80
2. Знос колодязів в діаметрі.	0,97	90
3. Знос і зрив різьби.	0,03	80
4. Неплощинність, короблення та знос привалочної площини.	0,02	98

Виходячи з того, що в ремонт надходять деталі з різними сполученнями дефектів, на кожне сполучення розробляється окремий технологічний процес відновлення. Такий підхід до проектування технології відновлення називається маршрутною технологією. На одну відновлювану деталь в залежності від сполучення дефектів може бути розроблено декілька маршрутів відновлення. Такий підхід до ремонту деталей є вигідним з техніко-економічної точки зору і як правило використовується в ремонтних виробництвах середньосерійного типу. В таблиці 3.3. надано перелік основних дефектів та об'єднання їх в маршрути, по яким передбачається розробка технології їх усунення.

Таблиця 3.3 Групування дефектів у маршрути

Перелік дефектів	Маршрути			
	№1	№2	№3	№4

1. Тріщини і зломи корпусу.	-	+	-	-
2. Знос колодязів в діаметрі.	+	+	+	+
3. Знос і зрив різьби.	+	-	+	+
4. Неплощинність, короблення та знос привалочної площини.	-	-	+	-
Частота зустрічаємості сполучення	0,1	0,08	0,7	0,06

З таблиці видно, що найбільша кількість корпусів, що надходять до ремонту, відновлюються за маршрутом №3, оскільки він поєднує в собі всі ремонтпридатні дефекти. Тому в даному проекті відновлення корпусу насоса буде проводитись саме за цим маршрутом (№3).

3.3. Вибір оптимального методу відновлення корпусу насоса

Відновлення зношених деталей дає можливість збільшити ресурс їх використання, зменшує витрати матеріальних і трудових ресурсів. Існує велика кількість сучасних методів відновлення, але потрібно обрати один, який би підходив по всім вимогам. В даному випадку для вибору раціонального методу відновлення використовується методика, запропонована В. М. Шардичевим.

Раціональний метод відновлення деталі визначають використовуючи критерії:

K_T – застосовності;

K_d – довголіття;

K_{ef} – ефективності.

Критерій застосовності дозволяє з усього розмаїття методів відновлення вибрати 3...5 найбільш придатних з технічної точки зору. Якщо одна з характеристик відновлюваної деталі не відповідає технологічним можливостям способу, то він не може бути використаний, тобто $K_T=0$. Якщо ж технічні характеристики відновлюваної деталі не виключають можливість його застосування і до того ж є великий виробничий та експлуатаційний досвід його використання, $K_T=1$.

Критерій довголіття залежить від трьох коефіцієнтів:

K_z – зносостійкості;

K_v – витривалості;

$K_{зч}$ – зчеплення.

Важливими критеріями, що визначають спосіб відновлення, який буде обрано, є критерії продуктивності та техніко-економічної ефективності.

З усього розмаїття методів спочатку обирають декілька, які б могли конкурувати між собою по критерію застосовності. В даному випадку це:

1. гаряче пластичне деформування (ГПД);
2. аргонно-дугове наплавлення (АДН);
3. метод додаткових ремонтних розмірів (ДР).

Для вибору раціонального методу відновлення для кожного з обраних методів потрібно виписати коефіцієнти, що чисельно характеризують якість відновлення поверхні та техніко-економічну ефективність. Значення цих коефіцієнтів зведено у таблицю 3.4.

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 3.4. видно, що найбільш продуктивним способом відновлення корпусу масляного насоса є гаряче пластичне деформування, яке до того ж має деякі інші показники з досить високими значеннями, порівняно з іншими методами.

Таблиця 3.4. Значення критеріїв для вибору методу відновлення

Назва способу	Коефіцієнт застосування	Коефіцієнт довголіття	Коефіцієнт продуктивності	Коефіцієнт техніко-економічної ефективності
ГПД	1,0	1,2	2,4	0,845
АДН	0,9	0,9	1,8	0,4
ДР	0,9	0,9	1,3	0,35

3.4. Характеристика обраного методу відновлення деталі

Відновлення деталей пластичним деформуванням базується на використанні запасу металу деталі та його пластичних властивостей. Під пластичністю металу розуміють такий його стан, при якому метал під дією навантаження здатен деформуватися, змінювати форму і розміри без порушення його цілісності.

Обробка металу пластичним деформуванням викликає не тільки зміну форми і розмірів, а й впливає на механічні якості та структуру металу. Це пов'язано зі специфічними явищами, що відбуваються в металі при деформуванні та підвищеннях температури.

При пластичному деформуванні відбувається зміщення однієї частини кристалів по відношенню до інших по площині найбільш легкого зсуву. В результаті зсувів розміщення атомів в кристалічній решітці змінюється, відбувається перекошення кристалів, але цілісність їх не порушується.

Пластична деформація виникає при напруженні вище границі пружності. На відміну від інших видів деформації, пластична не є пропорційною зросту напруження, вона збільшується швидше, ніж зростає напруження.

Пластична деформація кристалічних тіл виникає у випадку зміщення атомних прошарків по площинам ковзання в наслідок дії зовнішніх сил. Чим більше площин зсуву в металі деталі, тим його пластичність більша.

В наслідок зсуву між двома зсунутими частинами кристалу утворюється шар металу з перекошеною кристалічною решіткою. Окрім зсувів пластичне

деформування може відбуватися шляхом подвоєння, при якому зсунута частина кристалу займає симетричне положення відносно іншої його частини.

Обробка тиском, що відбувається при температурі вище температури рекристалізації, коли метал має структуру без слідів зміцнення, називають гарячою обробкою.

На пластичність металу при деформуванні окрім температури мають вплив схема деформування та його швидкість. Для збільшення пластичності металу та усунення наклепу при гарячому пластичному деформуванні температура нагрівання повинна бути значно більшою, ніж мінімальна температура рекристалізації. Окрім того, при високих температурах на деформування необхідне значно менше зусилля і зменшується небезпека виникнення тріщин.

При гарячому деформуванні велике значення для механічних властивостей деталі мають температури початку і кінця обробки. Температура початку обробки не повинна призводити до перегріву чи перенакалювання металу. Закінчення обробки також повинно відбуватися при визначеній температурі, так як обробка тиском недостатніх для цього температурах може призвести до появи тріщин та зміцнення. Як правило початковою температурою гарячого пластичного деформування корпусів із алюмінієвих сплавів є $t=480...500^{\circ}\text{C}$, а кінець – не нижче 440°C .

В залежності від напрямку дії зовнішніх сил та необхідного деформування розрізняють методи ремонту деталей машин: осадження, витягування, правка, обтискання, механічне поверхнєве зміцнення та інші.

Для відновлення корпусів найбільш придатним є обтискання, оскільки цим методом за одну операцію відновлюються одразу всі зношені поверхні.

До переваг методу можна віднести й те, що деталь відновлюють за рахунок запасу металу самої деталі. Відсутність зон зварювання й термічного впливу, які є наслідком відновлення різними видами наплавлення, а також зміцнення та поліпшення мікроструктури металу призводить до підвищення надійності відновлених цим методом деталей.

Також зменшується обсяг механічної обробки, оскільки при пластичному деформуванні більша частина деталей максимально наближена до необхідної форми.

3.5. Проектування технологічного процесу відновлення корпусу масляного насоса

3.5.1 Розробка структурної послідовності технологічного процесу відновлення корпусу масляного насоса гарячим пластичним деформуванням

Структурна послідовність технологічного процесу передбачає його поділ на операції з їх змістом і послідовністю виконання.

Правильний вибір переліку операцій і послідовність їх виконання, а також підбір необхідного обладнання дозволяє реалізувати всі переваги обраного методу відновлення й забезпечить необхідну якість відновлення деталі.

Згідно з технологією обтискання діаметр колодязів регулюється діаметром пуансона.

Колодязі будуть розточуватися на перший ремонтний розмір $\varnothing 54,8^{+0,02}_{-0,02}$ мм. Тоді мінімальний припуск на їх Розточувальна

$$Z = 1.52 \cdot D^{0.1} - 1.33 \text{ мм},$$

$$Z = 1.52 \cdot 54,8^{0.1} - 1.33 = 0,8 \text{ мм}$$

Діаметр пуансона $\varnothing 54$ мм буде рівним кінцевому діаметру колодязів після обтискання.

Деталь надходить на відновлення з розбирально-мийної дільниці.

При обтисканні деформування внутрішніх отворів деталі незначне, тому для досягнення їх потрібних розмірів і форм достатньо буде операцій

Розточувальна, розсвердлювання та калібрування. Після механічної обробки деталь знову мисться і надходить на випробовування

В таблиці 3.5. наведено перелік операцій відновлення корпусу по обраному методу.

Таблиця 3.5 Технологічний процес відновлення корпусу масляного насосу гарячим пластичним деформуванням

Найменування операції	Зміст операції
1	2
005 Дефектувальна	Визначити технічний стан корпусу.
010 Термічна	Завантажити корпус в піч. Нагріти корпус для обтискання при температурі 480...500°C
015 Пресова	Обтиснути корпус при температурі 440...480°C
020 Гартувальна	Нагріти корпус в електропечі до температури 520...535°C, витримати на протязі 3 годин, охолодити в нагрітій до температури 70°C воді
025 Відпускання	Нагріти корпус в електропечі до температури 180°C, витримати на протязі 4 годин, охолодити на повітрі
030 Фрезерна	Фрезерувати площину під етикетку, витримуючи розмір $h=110,5 \pm 0,4$ мм і шорсткість 6,3.
035 Фрезерна	Фрезерувати площину під кришку, витримуючи розмір $h=109,5 \pm 0,4$ мм і шорсткість 2,5.
040 Фрезерна	Фрезерувати площину під патрубки, витримуючи розмір $54 \pm 0,2$ мм до осі і шорсткість 2,5.
045 Свердлильна	Свердлити два отвори $\varnothing 6$ мм на глибину 10 мм під установчі штифти. Відстань до осі $a=35 \pm 0,1$ мм, $b=25 \pm 0,25$ мм. Шорсткість 3,2.

050 Розточувальна	Розточити в корпусі канавку під кільце ущільнення, витримуючи розміри $b=2,4^{+0,1}_{-0,05}$ мм і $R=33^{0,5}$. Шорсткість 3,2.
055 Розточувальна	Розточити виточку під вкладиш, витримуючи розміри: $\varnothing 58,8^{+0,2}$ мм, глибина $h=24^{+0,5}$ мм. Шорсткість 12,5.
060 Розточувальна	Розточити отвори під шипи втулок в розмір $\varnothing 37^{+0,52}$ мм на глибину 15 мм, витримуючи розмір $h=99^{+0,4}$ мм. Шорсткість 25.
065 Розточувальна	Розточити колодязі в корпусі, витримуючи перший ремонтний розмір $\varnothing 54,8^{+0,02}$ мм і глибину $L=84^{+0,1}$ мм. Шорсткість 1,25.
070 Свердлильна	Зенкерувати дно колодязів витримуючи розмір $L=84^{+0,1}$ мм. Шорсткість 3,2
075 Свердлильна	Розсвердлити вхідний та вихідний отвори $\varnothing 23,5^{+0,1}$ мм. Шорсткість Rz,80

Продовження таблиці 3.5

1	2
080 Різьбонарізна	Калібрувати різьбу $M10 \times 1,5$ у восьми отворах на глибину $18^{+0,4}$ мм, кл 2.
085 Різьбонарізна	Калібрувати різьбу $M8 \times 1,5$ у шістнадцяти отворах на глибину $16^{+0,4}$ мм, кл 2
090 Контрольна	Контролювати відновлені поверхні

3.5.2 Обґрунтування вибору технологічного обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту

Основним принципом при виборі необхідного обладнання є технологічна та економічна доцільність використання того чи іншого верстата в умовах даного виробництва. При середньо серійному виробництві зазвичай використовують універсальне обладнання. Це дозволяє виконувати необхідний обсяг робіт при мінімальній кількості робочих місць.

Принципи, якими слід керуватися при виборі виробничого полягають в наступному:

1. Узгодженість вибору технологічного обладнання та відповідних технологічних операцій;
2. Узгодженість розмірів робочої зони верстата з габаритами деталі, що мають наміри обробляти на цьому обладнанні;
3. Достатня продуктивність вибраного обладнання при виконання необхідних операцій, а також необхідно враховувати зниження собівартості при виконанні необхідних операцій;
4. Узгодженість продуктивності обладнання річній програмі відновлення деталей.

Особливу увагу слід приділяти вибору ріжучого інструменту. При цьому слід керуватися таким таким принципом, використання якого дасть змогу задовольнити необхідну точність і продуктивність виконання операцій та виконати всі необхідні технічні вимоги, щодо обробляння робочих поверхонь деталей.

Вибір вимірювального інструменту залежить перш за все від того, чи зможе робітник використовуючи його забезпечити необхідну точність вимірювання за умови високої продуктивності.

Керуючись приведеними вище принципами здійснюють вибір необхідного обладнання, ріжучого та вимірювального інструмента, необхідних при відновленні корпусу масляного насосу.

Вибране технологічне обладнання приведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 Необхідне технологічне обладнання, необхідний ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовують при ремонті корпусу шестеренного насоса

Назви операцій, найменування та марки технологічного обладнання та його коротка характеристика.	Найменування пристосування та ріжучого інструменту.	Найменування та марки вимірювального інструмента
1	2	3
005 Дефектувальна. Стіл дефектувальника ОРГ.1468-01-090		
010 Термічна. Електропіч Н65×130. Максимальна температура нагрівання 1000°C	Кліщі спеціальні.	
015 Пресова. Прес гідравлічний П-474А. Зусилля обтискання Р=1000кН, потужність N=7,5кВт. Габаритні розміри 1,5×1,0м.	Прес-форма для обтискання, кліщі спеціальні.	
020 Гартувальна. Електропіч Н65×130. Максимальна температура нагрівання 1000°C. Ванна 160-000-00, габарити 650×1300×400мм.	Кліщі спеціальні	Штангенциркуль ШЦ-I-0-125 ГОСТ.166-63
025 Відпускання. Електропіч Н65×130. Максимальна температура нагрівання 1000°C. Ванна 160-000-00, габарити 650×1300×400мм.	Кліщі спеціальні Оправка ПТ-1468-II-760, фреза ГОСТ.9304-69	Штангенциркуль ШЦ-I-0-125 ГОСТ.166-63
030 Фрезерна.	Оправка ПТ-	Штангенциркуль

Верстат вертикально-фрезерний 6P10. Розміри столу 160×630мм, N=3кВт, n=50...2240об/хв, Sповз=Sпоп=25...1120мм/об, Сверт=12,5...560мм/хв. Габаритні розміри 1445×1875мм	1468-II-760, фреза ГОСТ.9304-69	ШЦ-I-0-125 ГОСТ.166-63
035 Фрезерна. Верстат вертикально-фрезерний 6P10. Розміри столу 160×630мм, N=3кВт, n=50...2240об/хв, Sповз=Sпоп=25...1120мм/об, Сверт=12,5...560мм/хв. Габаритні розміри 1445×1875мм		Штангенциркуль ШЦ-I-0-125 ГОСТ.166-63

Продовження таблиці 3.6

1	2	3
040 Фрезерна. Верстат вертикально-фрезерний 6P10. Розміри столу 160×630мм, N=3кВт, n=50...2240об/хв, Sповз=Sпоп=25...1120мм/об, Sверт=12,5...560мм/хв. Габаритні розміри 1445×1875мм.	Оправка ПТ-1468-II-760, фреза ГОСТ.9304-69	Штангенциркуль ШЦ-I-0-125 ГОСТ.166-63
045 Свердлильна. Верстат вертикально-свердлильний 2Н135. Розміри столу 450×500мм, N=4кВт, n=31...1400об/хв, габаритні розміри 1030×825мм..	Патрон I-2-Ц, свердло ГОСТ.4010-77	Штангенциркуль ШЦ-I-0-125 ГОСТ.166-63
050 Розточувальна Верстат горизонтально-розточний 2М615. Розміри столу 900×1000мм, N=4,5кВт, n=20...1600об/хв. Габаритні розміри 4330×2590мм.	Різець ВК-3 ГОСТ.10044-75 тип 2, борштанга	Калібр 8530-4003, штанген-глибиномір ГОСТ 165-64
055 Розточувальна Верстат горизонтально-розточний 2М615. Розміри столу 900×1000мм, N=4,5кВт, n=20...1600об/хв. Габаритні розміри 4330×2590мм.	Різець ВК-3 ГОСТ.10044-75 тип 2, борштанга	Штангенциркуль ШЦ-II-0-200 ГОСТ.166-63
060 Розточувальна. Верстат горизонтально-розточний 2М615. Розміри столу 900×1000мм, N=4,5кВт, n=20...1600об/хв. Габаритні розміри 4330×2590мм	Різець ВК-3 ГОСТ.10044-75 тип 2, борштанга	Пробка Ø37+0,52 8133-0907
065 Розточувальна.	Різець ВК-3	Індикатор Н4 10 кл.1

Верстат горизонтально-розточний 2М615. Розміри столу 900×1000мм, N=4,5кВт, n=20...1600об/хв. Габаритні розміри 4330×2590мм.	ГОСТ.10044-75 тип 2, борштанга	ГОСТ.577-68
070 Свердлильна Верстат вертикально-свердлильний 2Н135, розміри столу 450×500мм, N=4кВт, n=31...1400об/хв. Габаритні розміри 1030×825мм..	Зенкер насадний ГОСТ.21525-76	Калібри спеціальні.
075 Свердлильна Верстат вертикально-свердлильний 2Н135, розміри столу 450×500мм, N=4кВт, n=31...1400об/хв. Габаритні розміри 1030×825мм	Свердло Ø23,5 ГОСТ.2092-77	Пробка Ø23,5+0,1 8133-4001

Продовження таблиці 3.6.

1	2	3
080 Різьбонарізна Верстат різьбонарізний 2056, діаметр різби до М18, N=1,3кВт, n=112...1120об/хв. Габаритні розміри 870×590мм.	Патрон запобіжний тип II ГОСТ.8255-56, мітчик М10 Д2-П ГОСТ.3266-60.	Пробка різьбова М10 кл. 2 ГОСТ.2016-68
085 Різьбонарізна. Верстат різьбонарізний 2056, діаметр різби до М18, N=1,3кВт, n=112...1120об/хв. Габаритні розміри 870×590мм.	Патрон запобіжний тип II ГОСТ.8255-56, мітчик М8 Д2-П ГОСТ.3266-60	Пробка різьбова М10 кл. 2 ГОСТ.2016-68
090 Контрольна. Стіл дефектувальника ОРГ-1468-01-090.		

3.5.3 Вибір технологічних баз

Технологічною базою – зазвичай називають таку поверхню деталі, замінюючи цю поверхню або, вісь, або точку деталі або складальної одиниці, по відношенню до яких, відбувається орієнтація інших поверхонь або деталей, що обробляються або збираються на даній операції.

Зазвичай розрізняють технологічні, вимірювальні та конструкторські бази.

Під технологічною базою поверхонь розуміють таку базову поверхню, яка визначає положення деталі або складальної одиниці в процесі її виготовлення чи відновлення.

При виборі технологічних баз необхідно дотримуватися того, щоб їх була мінімальна кількість. За цим стоїть простота й дешевизна пристосування для

закріплення деталі на верстаті. При цьому слід не забувати й про те, що при технології обробки, коли потрібно обробити поверхню, а для цього так чи інакше потрібно забазувати деталь.

В нашому випадку у в якості за першої верстатної операції будемо виконувати фрезерну операцію. В процесі фрезерування будемо базувати деталь по привалочній площині й боковій зовнішній поверхні корпусу. Таке ж базування й на обробку привалочної площини, тільки в цьому випадку в якості бази, тут будемо використовувати оброблену поверхню, що оброблялася до цієї операції. При операції фрезерування поверхонь під патрубку в якості бази будемо використовувати одна з поверхонь під патрубку обидві попередні оброблені поверхні.

Для розточних операцій базою будуть поверхня під кришку й під етикетку, а також отвори під установчі штифти і отвори під болти. На зенкерувальну операцію бази ті ж самі.

Для свердлувальних операцій базами будуть привалочні площини й площини під патрубку.

Для різьбонарізних операцій вибираємо базування по штифтовим отворах, по привалочним площинам і площинам під патрубку.

3.5.4. Розрахунок режимів і норм часу виконання технологічних операцій

Однією з надзвичайно важливих умов якісного і високопродуктивним виконанням операцій є правильний вибір режимів їх виконання. Вибір раціональних науково-обґрунтованих режимів виконання технологічних операцій – один з важливих моментів розробки технологічного процесу відновлення деталі, потребуючий ретельного підходу.

Також важливим моментом проектування є розрахунок технічних, економічно доцільних норм часу виконання операцій.

Штучний час виконання технологічних операцій будемо визначати за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{дод}},$$

де $T_{\text{шт}}$ – штучний час виконання операції, хв;

T_o – основний час, що витрачається на обробку деталі, хв;

T_d – допоміжний час, що витрачається на встановлення і зняття деталі з верстату, прохід, налагодження і керування верстатом;

$T_{\text{дод}}$ – додатковий час, складається з часу на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, часу на перерву і відпочинок:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot K / 100;$$

де $T_{\text{оп}}$ – операційний час, визначається за формулою:

$$T_{\text{оп}}=T_o+T_d;$$

K – відсоток допоміжного часу від оперативного.

005 Дефектувальна

Визначити технічний стан корпусу.

$$T_o=3,5\cdot3; T_d=0,8\cdot3; T_{\text{оп}}=3,5+0,8=4,3\text{хв};$$

$$T_{\text{дод}}=4,3\cdot6/100=0,26\text{хв.}, \text{ тоді } T_{\text{ш}}=4,3+0,26=4,6\text{хв.}$$

010 Термічна

Завантажити корпус в піч. Нагріти корпус для обтискання при температурі 480...500°C. Тривалість 60 хв. Партія n=70 деталей.

$$T_o=60\text{хв}; T_d=20\text{хв}; T_{\text{оп}}=60+20=80\text{хв};$$

$$T_{\text{дод}}=80\cdot5/100=4\text{хв.}, \text{ тоді } T_{\text{ш}}=80+4=84\text{хв.}$$

Технічна норма часу на виконання операції для однієї деталі

$$T_{\text{ш}}=84/70=1,2\text{хв.}$$

015 Пресова

Обтиснути корпус при температурі 440...480°C, витримуючи розміри поверхонь:

- площини під етикетку $h=111^{-0,5}\text{мм}$;
- площини під патрубки $55\pm0,2\text{мм}$ до вісі;
- канавки під кільце ущільнення $\varnothing65_{-0,5}\text{мм}$;
- виточки під вкладиш $\varnothing57,8_{-0,2}\text{мм}$;
- отворів під шип втулок $\varnothing36_{-0,5}\text{мм}$;
- діаметрів колодязів $\varnothing54_{-0,5}\text{мм}$;
- вхідного та вихідного отворів $\varnothing23_{-0,5}\text{мм}$;
- діаметрів під різьби $\varnothing9,2_{-0,2}\text{мм}$;
- діаметрів під різьби $\varnothing7,2_{-0,2}\text{мм}$;
- дна колодязів розмір $83^{+0,5}\text{мм}$.

Деталь при обтисканні копіює зовнішню поверхню пуансона, тому шорсткість буде рівна шорсткості пуансона, і буде в межах 4...6 класу точності.

Після обтискання корпус виймають і кладуть до корзини.

$$T_o=1\text{хв}; T_d=0,4\text{хв}; T_{\text{оп}}=1+0,4=1,4\text{хв};$$

$$T_{\text{дод}}=1,4\cdot8/100=0,11\text{хв}, \text{ тоді норма часу } T_{\text{ш}}=1,4+0,11=1,51\text{хв.}$$

020 Гартувальна

Нагріти корпус в електропечі до температури 520...535°C, витримати на протязі 3 годин, охолодити в нагрітій до температури 70°C воді. Партія n=70 деталей.

$$T_o=180+0,3=180,3\text{хв}; T_d=20\text{хв}; T_{\text{оп}}=180,3+20=200,3\text{хв};$$

$$T_{\text{дод}}=200,3\cdot5/100=10\text{хв.}, \text{ тоді норма часу:}$$

$$\text{для партії деталей } T_{\text{ю}}=200,3+10=210,3\text{хв};$$

$$\text{для однієї деталі } T_{\text{ю}}=210,3/70=3\text{хв.}$$

025 Відпускання

Нагріти корпус в електропечі до температури 180°C, витримати на протязі 4 годин, охолодити на повітрі. Партія $n=70$ деталей.

$$T_o=240\text{хв}; T_d=20\text{хв}; T_{оп}=240+20=260\text{хв};$$

$$T_{дод}=260 \cdot 5/100=13\text{хв};$$

$$\text{норма часу для партії } T_n=260+13=273\text{хв};$$

$$\text{норма часу для однієї деталі } T_n=273/70=3,9\text{хв}.$$

030 Фрезерувальна

Фрезерувати площину під етикетку, витримуючи розмір $h=110,5 \pm 0,4$ мм і шорсткість 6,3. Глибина різання $t=111-110,5=0,5$ мм. Інструмент - фреза торцева, $z=14$ зубів. Подача $S_{об}=0,8$ мм/об. Швидкість різання $V_p=49$ м/хв, і частота обертів фрези $n=256$ об/хв.

Основний час на виконання операції можна визначити за формулою (при одному проході):

$$T_o=(L+L_{вп})/n \cdot S_{об},$$

де, L – довжина поверхні, що обробляється, $L=90$ мм;

$L_{вп}$ – сумарна довжина врізання і пробігу інструмента $L_{вп}=8$ мм;

N – кількість обертів за хвилину;

$S_{об}$ – подача на один оберт фрези;

тоді

$$T_o=(90+8)/256 \cdot 0,8=0,5\text{хв}; T_d=0,7\text{хв}; T_{оп}=0,5+0,7=1,2\text{хв};$$

$$T_{дод}=1,2 \cdot 7/100=0,084\text{хв},$$

$$\text{тоді технічна норма часу } T_n=1,2+0,084=1,3\text{хв}.$$

035 Фрезерувальна

Фрезерувати площину під кришку, витримуючи розмір $h=109,5 \pm 0,4$ мм і шорсткість 2,5.

Глибина різання $t=110,5-109,5=1$ мм. Інструмент – фреза торцева, $z=14$ зубів. Подача $S_{об}=0,8$ мм/хв. Швидкість різання $V_p=49$ м/хв. Частота обертів фрези $n=256$ об/хв.

Довжина поверхні, що обробляється $L=150$ мм; площина обробляється за один прохід два рази. $L_{вп}=8$ мм.

$$\text{Тоді основний час на виконання операції } T_o=150+8+150+8/256 \cdot 0,8=1,54\text{хв}.$$

$$T_d=0,7\text{хв}; T_{оп}=1,54+0,7=2,24\text{хв}; T_{дод}=2,24 \cdot 7/100=0,16,$$

$$\text{тоді технічна норма часу } T_n=2,24+0,16=2,4\text{хв}.$$

040 Фрезерувальна

Фрезерувати площину під патрубки, витримуючи розмір $54 \pm 0,2$ мм до осі і шорсткість 2,5.

Глибина різання $t=55-54=1$ мм. Інструмент – фреза торцева, $z=16$ зубів. Подача $S_{об}=0,8$ мм/хв. Швидкість різання $V_p=49$ м/хв. Частота обертів фрези $n=256$ об/хв.

Довжина поверхні, що обробляється $L=75$ мм; площа обробляється за один прохід. Обробляється дві площини $L_{вп}=8$ мм.

Тоді основний час на виконання операції $T_o=75+8/256 \cdot 0,8=0,4$ хв.

$T_d=0,7$ хв; $T_{оп}=0,4+0,7=1,1$ хв; $T_{дод}=1,1 \cdot 7/100=0,08$, тоді технічна норма часу з урахуванням двох поверхонь

$T_n=(1,1+0,08) \cdot 2=2,36$ хв.

045 Свердлильна

Свердлити два отвори $\varnothing 6$ мм на глибину 10 мм під установчі штифти. Відстань до осі $a=35 \pm 0,1$ мм, $b=25 \pm 0,25$ мм.

Шорсткість 3,2.

Кількість обертів $n=980$ об/хв. Подача $S_{об}=0,2$ мм/хв. Операція виконується за один прохід. $L_{вп}=4$ мм, тоді основний час $T_o=10+4/0,2 \cdot 980=0,07$ хв.

Допоміжний час на перший прохід 0,5, тоді $T=0,8$ хв, для наступного $T_d=0,5$, тоді $T_{оп}=0,07 \cdot 2+0,8+0,5=1,44$ хв;

$T_{дод}=1,44 \cdot 6/100=0,1$ хв; норма часу $T_n=1,44+0,1=1,54$ хв.

050 Розточувальна

Розточити в корпусі канавку під кільце ущільнення, витримуючи розміри $b=2,4^{+0,1}_{-0,05}$ мм і $R=33^{0,5}$. Шорсткість 3,2.

Довжина поверхні, що обробляється $L=45$ мм, $L_{вп}=2,4$ мм. Подача $S=0,2$ мм/об при виступі різця 80 мм. Швидкість різання $V_p=170$ м/хв. Кількість обертів знайдемо за формулою:

$$n=318 \cdot V/d,$$

де, V – швидкість різання, хв;

d – діаметр поверхні, що обробляється, мм.

$$n=318 \cdot 170/66=819 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n=800$ об/хв, тоді основний час $T_o=45+2,4/0,2 \cdot 800=0,3$ хв, $T_d=0,5$ хв, $T_{оп}=0,3+0,5=0,8$ хв, $T_{дод}=0,8 \cdot 8/100=0,064$ хв.,

тоді норма часу $T_n=0,8+0,064=0,9$ хв.

055 Розточувальна

Розточити виточку під вкладиш, витримуючи розміри: $\varnothing 58,8^{+0,2}$ мм, глибина $h=24^{+0,5}$ мм. Шорсткість 12,5.

Довжина поверхні, що обробляється $L=24$ мм, $L_{вп}=2$ мм. Подача $S=0,2$ мм/об. Швидкість різання $V_p=170$ м/хв. Глибина різання $t=58,8-57,8/2=0,5$ мм. Кількість обертів бор штанги: $n=318 \cdot 170/58,8=919$ об/хв.

Приймаємо $n=900$ об/хв, тоді основний час $T_o=24+2/0,2 \cdot 900=0,144$ хв, $T_d=0,5$ хв, $T_{оп}=0,144+0,5=0,644$ хв, $T_{дод}=0,644 \cdot 8/100=0,052$ хв,

тоді норма часу $T_n = 0,144 + 0,5 + 0,052 = 0,7 \text{ хв.}$

060 Розточувальна

Розточити отвори під шипи втулок в розмір $\varnothing 37^{+0,52}$ мм на глибину 15 мм, витримуючи розмір $h = 99^{+0,4}$ мм. Шорсткість 25.

$L_{\text{вп}} = 2 \text{ мм}$; подача $S = 0,2 \text{ мм/об}$ при виліті різця 80 мм, $V_p = 170 \text{ м/хв.}$ Кількість обертів $n = 318 \cdot 170 / 37 = 1461 \text{ об/хв.}$

Приймаємо $n = 1400 \text{ об/хв}$, тоді основний час $T_o = 12 + 2 / 0,2 \cdot 1400 = 0,06 \text{ хв.}$

Допоміжний час для першого проходу $T_d = 0,7 \text{ хв}$, для другого $T_d = 0,4 \text{ хв}$, тоді $T_{\text{оп}} = 0,06 \cdot 2 + 0,7 + 0,4 = 1,22 \text{ хв}$; додатковий час $T_{\text{дод}} = 1,22 \cdot 8 / 100 = 0,1 \text{ хв}$. Норму часу знайдемо: $T_n = 0,06 \cdot 2 + 0,07 + 0,4 + 0,1 = 1,32 \text{ хв.}$

065 Розточувальна

Розточити колодязі в корпусі, витримуючи перший ремонтний розмір $\varnothing 54,8^{+0,02}$ мм і глибину $L = 84^{+0,1}$ мм. Шорсткість 1,25.

$L_{\text{вп}} = 2 \text{ мм}$; подача $S = 0,2 \text{ мм/об}$. $V_p = 170 \text{ м/хв.}$ Кількість обертів $n = 318 \cdot 170 / 54,8 = 986 \text{ об/хв.}$

Приймаємо $n = 1000 \text{ об/хв}$, тоді основний час $T_o = 84 + 2 / 0,2 \cdot 1000 = 0,43 \text{ хв.}$

Допоміжний час для першого проходу і для встановлення – зняття деталі $T_d = 0,7 \text{ хв}$, для другого проходу $T_d = 0,4 \text{ хв}$, тоді $T_{\text{оп}} = 0,43 \cdot 2 + 0,7 + 0,4 = 1,96 \text{ хв}$; $T_{\text{дод}} = 1,96 \cdot 8 / 100 = 0,16 \text{ хв}$, тоді норма часу становить $T_n = 1,96 + 0,16 = 2,12 \text{ хв.}$

070 Свердлильна

Зенкерувати дно колодязів витримуючи розмір $L = 84^{+0,1}$ мм. Шорсткість 3,2.

Подача $S = 0,6 \text{ мм/об}$. $V_p = 30 \text{ м/хв.}$, тоді $n = 318 \cdot 30 / 54,8 = 174,1 \text{ об/хв.}$

Приймаємо $n = 150 \text{ об/хв}$, при $L = 2 \text{ мм}$, тоді основний час виконання операції $T_o = 84 + 2 / 0,6 \cdot 150 = 0,96 \text{ хв.}$

Допоміжний час для першого проходу і для встановлення – зняття деталі $T_d = 0,5 \text{ хв}$, для другого проходу $T_d = 0,25 \text{ хв}$, тоді $T_{\text{оп}} = 0,96 \cdot 2 + 0,5 + 0,25 = 2,67 \text{ хв}$, тоді $T_{\text{дод}} = 2,67 \cdot 6 / 100 = 0,16 \text{ хв}$, норма часу становить $T_n = 2,67 + 0,16 = 2,83 \text{ хв.}$

075 Свердлильна

Розсвердлити вхідний та вихідний отвори $\varnothing 23,5^{+0,1}$ мм. Шорсткість $R_z 80$. Довжина $L = 35 \text{ мм}$, $L_{\text{вп}} = 6 \text{ мм}$. Операція виконується за один прохід. Кількість обертів $n = 270 \text{ об/хв}$. Основний час знайдемо: $T_o = 35 + 6 / 0,6 \cdot 270 = 0,25 \text{ хв}$, $T_d = 0,5 \text{ хв}$, $T_{\text{оп}} = 0,25 + 0,5 = 0,75 \text{ хв}$, $T_{\text{дод}} = 0,75 \cdot 6 / 100 = 0,05 \text{ хв}$. З урахуванням двох отворів норма часу: $T_n = (0,75 + 0,05) \cdot 2 = 1,6 \text{ хв.}$

080 Різьбонарізна

Калібрувати різьбу $M10 \times 1,5$ у восьми отворах на глибину $18^{+0,4}$ мм, кл 2.

$L_{\text{вп}} = 14 \text{ мм}$, $S = 1,5 \text{ мм/об}$, $V = 4,7 \text{ м/хв.}$ Операція виконується за один прохід. Кількість обертів $n = 150 \text{ об/хв.}$ Основний

час: $T_0 = 18 + 14 / 1,5 \cdot 150 = 0,142$ хв. допоміжний час на перший прохід і на встановлення – зняття деталі $T_d = 0,6$ хв, $T_{оп} = 0,142 \cdot 8 + 0,6 + 0,2 \cdot 7 = 3,14$ хв, тоді $T_{дод} = 3,14 \cdot 8 / 100 = 0,25$ хв, тоді

норма часу: $T_n = 0,142 \cdot 8 + 0,6 + 0,2 \cdot 7 = 3,4$ хв.

085 Різьбонарізна

Калібрувати різьбу $M8 \times 1,5$ у шістнадцяти отворах на глибину $16^{+0,4}$ мм, кл 2. Операція виконується за один прохід, $L_{вп} = 14$ мм, $S = 1,5$ мм/об, $V_p = 4,7$ м/хв. Кількість обертів $n = 150$ об/хв. Основний час $T_0 = 16 + 14 / 1,5 \cdot 150 = 0,13$ хв. Допоміжний час на перший прохід з однієї й другої сторін $T_d = 0,6$ хв, операційний час для однієї сторони $T_{оп} = 0,13 \cdot 4 + 0,6 + 0,2 \cdot 3 = 1,72$ хв, тоді для однієї сторони $T_{дод} = 1,72 \cdot 8 / 100 = 0,14$ хв, тоді норма часу для двох отворів:

$T_n = (1,72 + 0,14) \cdot 2 = 3,72$ хв.

090 Контрольна

Контролювати оброблені поверхні: перпендикулярність вісей колодязів не більше 0,03 мм; площинність площин під патрубки не більше 0,03 мм; паралельність привалочної площини 0,1 мм; несиметричність опору під вкладиш 0,1 мм; відхилення від циліндричності колодязів 0,01 мм.

Основний час $T_0 = 5,25$ хв; допоміжний час $T_d = 0,8$ хв, тоді $T_{оп} = 5,25 + 0,8 = 6,05$ хв; знайдемо додатковий час $T_{дод} = 6,05 \cdot 6 / 100 = 0,4$ хв, тоді норма часу $T_n = 6,05 + 0,4 = 6,45$ хв.

В таблиці 3.7 надається перелік операцій технологічного процесу відновлення корпусу і норми часу на їх виконання.

В процесі роботи можуть бути різні виробничі недоліки, в разі котрих відбувається втрата часу. Цей втрачений час буде ненормованим й в норми часу його не вносять.

Знаходимо підготовчий заключний час. Поділивши його на партію деталей і просумувавши з штучним часом отримуємо всю норму часу виконання операції.

Отримані дані зводимо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 Перелік операцій і час їх виконання

Назви операцій	Час виконання операцій, хв:				
	основни й	допомі ж-ний	операцій -ний	підготовчо заключний	норма часу
005 Дефектувальна	3,5	0,8	4,3	3	4,63
010 Термічна	0,86	0,3	1,16	6	1,27
015 Пресова	1,0	0,4	1,4	8	1,6
020 Гартувальна	2,6	0,29	2,89	6	3,1
025 Відпускання	3,43	0,29	3,72	6	4
030 Фрезерна	0,5	0,7	1,2	22	1,5
035 Фрезерна	1,54	0,7	2,24	22	2,65
040 Фрезерна	0,4	0,7	1,1	22	2,6
045 Свердлильна	0,14	1,3	1,44	4	1,6
050 Розточувальна	0,3	0,5	0,8	14	1,1
055 Розточувальна	0,144	0,5	0,644	14	0,86
060 Розточувальна	0,12	1,1	1,22	14	1,5
065 Розточувальна	0,86	1,1	1,96	14	2,3
070 Свердлильна	1,92	0,75	2,67	6	2,9
075 Свердлильна	0,5	1,0	1,5	5	1,66
080 Різьбонарізна	1,14	2,0	3,14	7	3,5
085 Різьбонарізна	1,04	2,4	3,44	7	3,8
090 Контрольна	5,25	0,8	6,05	3	6,5
Всього:	25,244	15,63	40,874	183	47,07

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній магістерській роботі на здобуття другого магістерського рівня вищої освіти з освітньо-професійної програми «Технічний сервіс» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» на тему «Дослідження технології відновлення корпусу шестеренних насосів типу НШ сільськогосподарської техніки у ТОВ «Завод «Дзеркальник»» м. Кропивницький» розроблені питання забезпечення підвищення якісного відновлення і зміцнення корпусу шестеренного насоса деформаційно-термічною обробкою.

В магістерській роботі на основі результатів наукових теоретичних і експериментальних досліджень напружено-деформованого стану корпусу насоса та на основі досліджень раціональних режимів деформаційно-термічної обробки корпусу шестеренного насоса було розроблено технологію відновлення і зміцнення корпусу шестеренного насоса сільськогосподарської техніки.

В магістерській роботі були розглянуті і вирішені наступні питання.

Виходячі з аналізу конструктивно-технологічних особливостей корпусу шестеренного насоса, умов його роботи, характеру зношування, а також відомих методів відновлення корпусу була обґрунтована тема магістерської роботи.

Базуючись на умовах роботи шестеренних насосів, визначивши вплив зносу деталей шестеренних насосів на їх працездатність та аналіз відомих способів відновлення корпусів шестеренних насосів дали можливість сформулювати мету і задачі дослідження.

Одним з найбільш перспективних методів відновлення корпусу шестеренного насоса є метод гарячого пластичного деформування. В процесі дослідження цього способу була створена модель геометричної форми корпусу та модель процесу управління внутрішніми напруженнями в корпусі.

В процесі подальших теоретичних досліджень були отримані співвідношення для деформованого і напруженого стану.

В результаті експериментальних досліджень була визначена деформація корпусу в результаті деформаційно-термічної обробки; визначена твердість матеріалу відновленого корпусу. Були отримані результати випробування корпусу на зношування та інших механічних характеристик матеріалу корпусу.

Базуючись на результатах теоретичних і експериментальних досліджень було розроблено технологічний процес відновлення корпусу шестеренного насоса шляхом деформаційно-термічної обробки. Були обрані оптимальні методи відновлення корпусу насоса гарячим пластичним деформуванням. Наведена характеристика обраного методу відновлення корпусу. Спроековано технологічний процес відновлення корпусу шестеренного насоса. Розраховані і підібрані режими виконання технологічних операцій. Розраховані технічні норми часу виконання технологічних операцій по відновленню і зміцненню корпусу

шестеренного насоса .

Кваліфікаційна магістерська робота складається з вступу, 3 розділів, висновків; містить 68 сторінка тексту, 16 рисунків, 11 таблиць, 0 додатків.

Джерела науково-технічної інформації

¶

1. Матеріали переддипломної практики на ВАТ «Завод «Дзеркальний»» м. Кропивницький
2. Техническое обслуживание и ремонт машин под ред. Лауца П.В.-К.: Виццашкола, 1983г.-351с.¶
3. Методичні вказівки до виконання технологічного розділу кваліфікаційної бакалаврської роботи (ЦНТУ, 2023). Для спеціальностей 132 «Матеріалознавство», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт» Упорядники: Кулешков, Ю. В.; Красота, М. В.; Руденко, Т. В.; Бевз, О. В.; Магопєць, С. О. Осін, Р. А. М. во освіти і науки України, Центральноукраїн нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 80 с. <https://dspace.kntu.kr.ua/items/4036972d-b720-401e-be98-dafe010a7b17>.¶
4. Кулешков Ю.В.; Дубовик В.О. Підвищення ефективності технології відновлення корпусів насосів типу НШ.—У пластичним деформуванням. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / .-Вип. 7. —Кіровоград: КДТУ, 2000. С. 170.—174.¶
5. Юдин Е.М. Шестеренные насосы.—М.: Машиностроение, 1964, 236 с.¶
1. Левицький, Б. Ф. Гідравліка. Загальний курс. / Б. Ф. Левицький, Н. П. Ленін.—Львів: Світ, 1994.—264 с.¶
2. Гідравліка і нагнітачі: навч. посібник / О. М. Грабовський, О. М. Шабієв.—Київ: НМКВО, 1992.—312 с.¶
3. Кулінченко, В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: підручник / В. Р. Кулінченко.—Київ: ІНКОС, Центр навчальної літератури, 2006.—616 с.¶
4. Дідур, В. А. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод / В. А. Дідур, О. Д. Савченко, С. І. Пастушенко, С. І. Мовчан.—Запоріжжя: Прем'єр, 2005.—464 с.¶
8. Савченко, Г. Ю. Гідродинамічні характеристики пристінних суперкавітаційних течій. автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 01.02.05.—механіка рідин, газу та плазми. / Г. Ю. Савченко; Інститут гідромеханіки НАН України.—К., 2008.—21 с.¶
9. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків / В. І. Мандрус, Н. П. Лещій, В. М. Звягін.—Львів: Світ, 1995.—264 с.¶
10. Константинов, Ю. М. Технічна механіка рідини і газу. / Ю. М. Константинов, О. О. Гіжа.—Київ: Виццашкола, 2002.—358 с.¶
11. Науменко, І. І. Технічна механіка рідини і газу / І. І. Науменко.—Рівне: Видавництво РДТУ, 2000.—528 с.¶

12. Тітов, Ю. П., Яковенко, М. М. Інженерна гідравліка. Навчально-методичний посібник до практичних занять. — Харків: ХНАМГ, 2005. — 91 с. 13. Науменко, І. І. Гідравліка. Підручник. / І. І. Науменко. — Рівне: НУВГП, 2005. — 475 с. ¶

14. Буренніков, Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. [Текст]: навчальний посібник. / Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 273 с. ¶

15. Орлов, В. О. Сільськогосподарське водопостачання та водовідведення. / В. О. Орлов, А. М. Зошук. — Рівне, 2002. — 203 с. 547. 16. Кравченко, В. С. Водопостачання та каналізація. / В. С. Кравченко. — К.: Кондор, 2003. — 288 с. ¶

17. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. Методичні вказівки до лабораторних робіт. Для студентів спеціальностей. 274. / Уклад.: Т. В. Руденко, Н. В. Ковальчук, Ю. В. Кулешков. — Кропивницький: ЦНТУ, 2017. — С. 54. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/7660>. ¶

18. Машинобудівна гідравліка. Методичні вказівки для індивідуальної роботи студентів спеціальностей. 6.050502. — "Інженерна механіка.", 6.050503. — "Машинобудування.", 6.070106. — "Автомобільний транспорт." / Уклад.: Л. Г. Мецишена, Н. В. Ковальчук. — Кіровоград: КНТУ, 2011. — 64 с. ¶